

## Tropik ağaç türü olan dahoma (*Piptadeniastrum africanum*) odununun odun plastik kompozit üretiminde kullanımı

The usage of wood of dahoma (*Piptadeniastrum africanum*), a tropic tree, in the production of wood plastic composite

İbrahim Halil BAŞBOĞA<sup>1</sup>

İbrahim KILIÇ<sup>2</sup>

İlkay ATAR<sup>3</sup>

Fatih MENGELOĞLU<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav  
Teknoloji Fakültesi, Simav

<sup>2</sup> Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat

<sup>3</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Orman Fakültesi, Kahramanmaraş

**Sorumlu yazar** (*Corresponding author*)

İbrahim Halil BAŞBOĞA  
ihalil.basboga@dpu.edu.tr

**Geliş tarihi** (*Received*)

21.03.2022

**Kabul Tarihi** (*Accepted*)

27.04.2022

**Sorumlu editör** (*Corresponding editor*)

Samet DEMİREL  
sdemirel@ktu.edu.tr

**Atıf** (*To cite this article*): Başboğa, İ. H., Kılıç, İ., Atar, İ. & Mengeloğlu, F. (2022). Tropik ağaç türü olan dahoma (*Piptadeniastrum Africanum*) odununun odun plastik kompozit üretiminde kullanımı. Ormanlık Araştırma Dergisi, Karok 2021, 271-280. DOI: 10.17568/ogmoad.1091247



Creative Commons Atıf -  
Türetilmez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

### Öz

Bu çalışma kapsamında profil çekme makinesinden çıkan atık dahoma odununun polipropilen (PP) bazlı odun plastik kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak kullanımının kompozit malzemelerin mekanik ve morfolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Atık odun unları fabrikadan alındığı gibi ve dört farklı oranda (%0, %15, %30 ve %45) kullanılmıştır. Atık odun unlarının boyut analizi gerçekleştirilmiştir. Uyumlaştırıcı olarak %3 oranında maleik anhidrit polipropilen (MAPP) ve yağlayıcı olarak %3 parafin wax kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde odun ununun eklenmesi ile çekme ve darbe direnci değerlerinde hafif dalgalanmalar gözlemlense de genel olarak mekanik değerlerde iyileşmeler belirlenmiştir. Odun ununun katılım oranının artması ile çekmede elastikiyet modülü, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü özellikleri iyileşmiştir. Kopmada uzama değerlerinde ise keskin bir düşüş gözlemlenmiştir. Morfolojik özellikleri incelendiğinde odun ununun homojen bir şekilde polimer matris içerisinde dağılım gösterdiği ve polimer matrisin dolgu maddelerinin etrafını iyice sardığı ve iyi bir arayüz etkileşiminin olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, atık dahoma odun unlarının odun plastik kompozit üretiminde değerlendirilebileceği kanaatine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dahoma (*Piptadeniastrum africanum*), odun plastik kompozitler, mekanik ve morfolojik özellikler.

### Abstract

In this study, the effects of the usage of waste dahoma wood flour from the profiling machine as a filler in the production of Polypropylene (PP) based wood plastic composites on the mechanical and morphological properties of composite materials were investigated. Waste wood flour was used as received from the plant and in four different ratios (0%, 15%, 30% and 45%). A dimensional analysis of waste wood flours was carried out. Maleic anhydride polypropylene (MAPP) (3%) was used as a coupling agent, and Paraffin Wax (3%) was used as the lubricant. In the light of the results, although slight fluctuations were observed in the tensile and impact strength values with the addition of wood flour, improvements were determined in the mechanical values in general. Tensile modulus, flexural strength and flexural modulus of the composites were improved with the increase in wood flour loading ratio. A sharp decrease was observed in the elongation at break values. When the morphological properties were examined, it was observed that the wood flours were homogeneously dispersed in the polymer matrix, the polymer matrix wrapped firmly around the RPF fibres, and it shows that the interface interaction is nevertheless robust even after the fracture of samples. As a result, it was concluded that waste dahoma wood flours might be evaluated in the production of wood-plastic composites.

**Keywords:** Dahoma (*Piptadeniastrum africanum*), wood-plastic composites, mechanical and morphological properties.

## 1. Giriş

Kullanım yerine uygun olarak istenilen özellikleri elde etmek amacıyla iki veya daha fazla malzemenin çeşitli üretim yöntemleri ile bir araya getirilmesi ile üretilen malzemelere kompozit malzemeler denilmektedir. Termoplastik matris içerisine odun veya diğer lignoselülozik malzemelerin farklı boyutlarda ve oranlarda eklenmesi ile elde edilen malzemelere ise Odun Plastik Kompozitleri (OPK) denilmektedir. Lignoselülozik esaslı liflerin maliyetinin az olması, yoğunluğunun düşük olması, üretim esnasında fazla aşınmaya sebep olmaması, yüksek direnç özelliklerine sahip olması, bol miktarda bulunması ve doğada kolayca bozunabilmesi gibi özellikleri termoplastik kompozit üretiminde bu malzemelerin kullanılmasını cazip hale getirmiştir (Mengelöglü ve Karakuş, 2008a).

Son on yıldır kompozit malzemelerin üretimine olan ilgi giderek artmaktadır. Buna ek olarak 2015 yılında *Bioplastics* dergisinde verilen değerlere göre son beş yıl içerisinde OPK üretiminin 1.515.000 tondan 3.825.000 tona yükseldiği raporlanmıştır (Anon., 2015). Bunun yanı sıra küresel OPK pazarının 2018'de yaklaşık 4.033,5 milyon ABD doları değerinde olması, 2028 yılına kadar 9.953,8 milyon ABD dolarına ulaşması ve 2021-2030 tahmin döneminde ise %9,5'in üzerinde sağlıklı bir büyüme oranıyla büyümesi beklendiği belirtilmiştir (Anon., 2020).

Daha önceki çalışmalarda termoplastik malzeme olarak polistiren (PS), polipropilen (PP), polietilen (PE), polivinil klorür (PVC) vb. ve lignoselülozik malzeme olarak ise farklı odun unları, tarımsal atıklar ve endüstriyel lignoselülozik atıklar OPK üretiminde kullanılmıştır. Çam (*Pinus*), kavak (*Populus*), kayın (*Fagus*), okaliptüs (*Eucalyptus*) vb. ağaçlardan elde edilen odun unları ile buğday samanı, pirinç samanı, ayçiçeği sapı, yer fıstığı kabuğu, ceviz kabuğu, fındık kabuğu, biber sapı vb. tarımsal atıklar bu amaçla kullanılmıştır. OPK üretiminde kullanılan endüstriyel lignoselülozik atıklardan biri de MDF üretim atıklarıdır (Acar, 2014; Avcı, 2012; Dönmez Çavdar, 2011; Karakuş, 2008; Mengelöglü ve Kabakci, 2008).

Tropik ağaç türleri genellikle Afrika ülkelerinden getirilmektedir ve maliyeti çok yüksek olan ağaç türlerindedir. Bu ağaç türleri genellikle yat sektöründe, bahçe mobilyalarında, endüstriyel mutfak yapımlarında, turizm sektöründe ki büyük otellerin havuz ve deniz kenarında yer döşemesi (decking) olarak masif ahşap olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de yoğun talep gören tropik ağaç türleri Dahoma/Dabema (*Piptadeniastrum africanum*), Iroko (*Milicia*), Acajou (*Swietenia/ Khaya*), Ayous

(*Triplochiton scleroxylon*), Limba (*Terminalia superba*) ve Afrormosia (*Pericopsis elata*) olarak belirtilmiştir (Anon.1, 2022).

Dahoma/Dabema kerestesi marangozluk işlerinde, araç ve konteynırların iç kısımlarında yer döşemesi olarak, tır zeminlerinde ahşap döşeme olarak, dış cephe kaplamalarında, endüstriyel veya çok yoğun kullanılan zeminlerde döşeme olarak, rıhtım ve iskelelerde yer döşemesi olarak, iç cephede merdiven yapımında, mobilya bileşenleri yapımında kullanılmaktadır (Anon. 2, 2022). Bu kerestelerin biçilmesi sırasında çok miktarda testere talaşı olarak atıklar meydana gelmektedir.

Tropik ağaç türleri ile farklı üretim yöntemleri kullanılarak birçok OPK üretimi gerçekleştirilmiştir. Literatürde masif odun içerisine vakum difüzyon yöntemi kullanılarak monomer ve monomerik karışımlar empenye edilerek OPK üretimi gerçekleştirilmiş çalışmalar mevcuttur (Yap ve ark., 1991; Hamdan ve ark., 2010; Idrus ve ark., 2011; Islam ve ark., 2014). Bu üretim şeklinde masif odun ana matris olarak kullanılmıştır.

Tropik ağaç türlerinin kullanıldığı farklı bir üretim yöntemi ise çimentolu-odun kompozit (ÇOK) levhaları şeklinde gerçekleştirilmektedir (Brahmia ve ark., 2020). ÇOK üretiminde doğru odun türünün seçilmesi, odunun yapısına ve ÇOK üretim yöntemine bağlıdır. Aynı odun türü; yetişme alanı, odunun yaşı ve ağacın kesilme sezonu sebebiyle kendi içerisinde farklılıklar göstermektedir. Odun içerisinde ki şekerlerin ve ekstraktiflerin miktarları farklıdır (Fan ve ark., 2012). Bundan dolayı doğru odun türünün seçilmesi, doğru odun/çimento oranının seçilmesi, doğru çimento/su oranının seçilmesi çok önemlidir. Çünkü odun içerisinde ki şekerler ve ekstraktifler çimentonun hidrasyon prosesini etkilemektedir (Philips ve Hse, 1987). Tropik ağaç türlerinin ÇOK üretimine uygunluğu hakkında yapılan birçok çalışma mevcuttur (Al-Mefarrej, 2009; Papadopoulos, 2009; Pasca ve ark., 2010; Wang and Yu, 2012; Antiwi-Boasiako ve ark., 2018; Gastro ve ark., 2019).

OPK üretimlerinde ana matris olarak termoset veya termoplastik polimerler tercih edilmektedir. Tropik ağaç türlerinin kullanıldığı termoset ve termoplastik esaslı OPK üretimi yapılan çalışmalar literatürde oldukça ilgi görmektedir. Çimentolu-odun levhasında bahsedildiği gibi kompozit üretiminde doğru tür ve doğru üretim metodolojisi üretilen nihai kompozit malzemenin özelliklerini oldukça etkilemektedir. Bu sebepten dolayı bu alanda birçok çalışma gerçekleştirilmiştir.

Tropik ağaç türlerinin metre küp fiyatlarının yük-

sek olması, ithal ve dolayısıyla döviz ile gelen ürün olması, son zamanlarda bazı Afrika ülkelerinde tropik ağaç türlerinin ithalatının zorlaştırılması ve hatta bazı türlerin yasaklanması getirilen ağaç türlerinin rasyonel olarak kullanılmasını elzem hale getirmiştir. Elde edilen atıkların da yakılarak enerji üretimi yerine katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi ihtiyacı doğurmuştur. Bu amaç doğrultusunda dahoma (dabema) kerestesinin profil makinesinde işlenmesi sırasında elde edilmiş odun unu atıklarının PP bazlı odun plastik kompozitleri üretiminde kullanılması olanakları araştırılmıştır. Üretilen OPK'larda odun unu kullanım oranının kompozit malzemelerin mekanik ve morfolojik özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Termoplastik matris olarak İzmir Aliğa ilçesinde faaliyet gösteren PETKİM (petkim.com.tr) firmasından ticari olarak EH-102 kodlu PP satın alma yolu ile temin edilmiş ve kullanılmıştır (Tablo 1). Dahoma (Dabema) (*Piptadeniastrum africanum*) atık odun unları Kocaeli'nde faaliyet gösteren Ekşioğlu Orman Ürünleri firmasına ait profil makinesinden elde edilmiştir. Bu profil makinesinde tır dorse döşeme tahtaları işlenmektedir. Hidrofobik olan polimer matris ile hidrofilik olan lignoselülozik dolgu maddesi arasında ki arayüz etkileşimini arttırmak amacıyla uyumlaştırıcı olarak Maleik Anhidrit Polipropilen (MAPP) (Licomont AR 504 by Clariant), yağlayıcı olarak ise Parafin Wax kullanılmıştır. MAPP'ın ve Parafin Wax'ın genel özellikleri aşağıdaki Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Polipropilen (PP)'e ait genel özellikler (Petkim, 2016)

Table 1. Specification of Polypropylene (PP) (Petkim, 2016)

Özellikler	İlgili Standart	
Eriyik akış indeksi (230°C'de 2,16 Kg)	11 g/10 min.	ASTM D1238
Yoğunluk (23°C)	0,905 g/cm <sup>3</sup>	ASTM D1505
Akmada gerilme dayanımı	35 MPa	ASTM D638
Erime noktası (DSC)	163 °C	ASTM D3417
Deformasyon sıcaklığı	113 °C	ASTM D648
İzod Çentikli Darbe (23 °C'de)	20 J/m	ASTM D256
Rockwell sertliği	96 R-scale	ASTM D785
Bükülme modülü	1450 MPa	TS EN ISO 178

Tablo 2. Uyumlaştırıcının ve yağlayıcının genel özellikleri

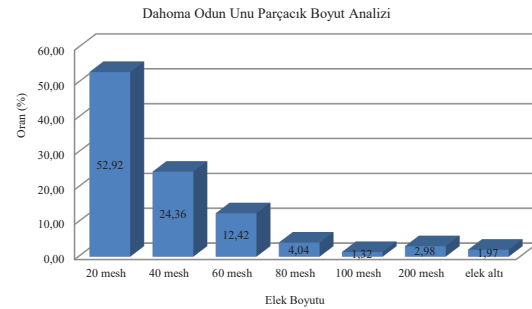
Table 2. Descriptions of the coupling agents and paraffin wax

Özellikler	MAPP	Özellikler	Parafin
Görünüş	Sarımsı ince taneli	Ticari Adı	Parafin vaks
Yumuşama Noktası	156°C	Görünüş	Beyaz Toz
Asit Değeri	41 mg KOH/g	Kimyasal Formülü	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>
23°C'de Yoğunluk	0.91 g/cm <sup>3</sup>	Yumuşama Noktası	56-58 °C
140°C'de Viskozite	800 mPa.s	Yoğunluk (23°C)	0.93 g/cm <sup>3</sup>

### 2.1. Yöntem

#### 2.1.1. Odun plastik kompozitlerin üretimi

Ekşioğlu Orman Ürünleri firmasından dahoma odun unu (OU) atıkları firmanın toz emme ünitesinden elde edildiği gibi kullanılmış ve herhangi bir boyutsal sınıflandırmaya gidilmemiştir. Yapılan boyut analizi ise Şekil 1'de verilmiştir. Dolgu maddesi olarak kullanılacak olan odun unları öncelikle kurutma fırınında 103 °C (±2) sıcaklıkta 24 saat süreyle rutubeti sıfır oluncaya kadar kurutulmuştur.



Şekil 1. Odun unu boyut analizi

Figure 1. Wood flour dimensional analysis

Çalışma kapsamında ki üretim dizaynı Tablo 3'te verilmiştir. Üretim çizelgesinde verilen değerlere göre PP, OU, MAPP ve parafin yüksek devirli karıştırıcı yardımıyla homojen bir karışım elde etmek için yüksek devirde karıştırılmıştır. Karışımın laboratuvar tipi tek burgulu ekstruder makinesi yardımıyla bileşik haline getirilmiştir. Vida hızı 60 rpm ve ekstruder makinesinin sıcaklığı besleme noktasından çıkış noktasına doğru sırayla 195-190-185-180-170 °C. Ekstruder de çekilen karışımlar soğuk su havuzunda soğutuldu ve daha sonra soğutulan kompozit karışımları kırıcı

yardımla peletler haline getirildi.

Pelet haline getirilen kompozit karışımları 103 °C ( $\pm 2$ ) de 24 saat süreyle içerisinde bulunan rutubetin uzaklaştırılması amacıyla kurutuldu. Kurutulan peletler HAIDA marka plastik enjeksiyon kalıp makinası yardımıyla çekme ve eğilme örnekleri üretildi. Enjeksiyon sıcaklığı 180-190-200 °C, basıncı 102 kg/cm<sup>2</sup>, enjeksiyon hızı 80 mm/s, vida hızı 40 rpm ve soğutma süresi 30 s olacak şekilde örnekler basıldı.

Tablo 3. Kompozitlerin üretim çizelgesi  
Table 3. Manufacturing schedule of composites

Grup No	PP (%)	Odun Unu (%)	MAPP (%)	Wax* (%)
D0	97	0	3	3
D15	82	15	3	3
D30	67	30	3	3
D45	52	45	3	3

\*Toplam üretime oranla eklenmiştir.

### 2.1.2. OPK levhaların mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Bu çalışmada üretilen OPK levhaların mekanik özellikleri ASTM (astm.org) standartlarına uygun olarak yapılmıştır. OPK levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, kopmada uzama miktarı (ASTM D 638), eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü (ASTM D 790) ve çentikli darbe direnci (ASTM D 256) özellikleri ilgili standarda uygun olarak yapılmıştır.

Eğilme direnci testleri esnasında dayanaklar arasındaki açıklık 80 mm ve test hızı 2 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Çekme direnci testleri için ise test hızı 5 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Her bir test grubu için 5'er adet test örneği kullanılmıştır. Eğilme direnci ve çekme direnci testleri Zwick/Roell Z010 Universal Test Makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çentikli numuneler üzerinde

Tablo 4. Odun plastik kompozitlerin mekanik özellikleri  
Table 4. Mechanical properties of wood-plastic composites

Grup No	Çekme Direnci (MPa)	Çekmede Elas. Mod. (MPa)	Kopmada Uzama (%)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elas. Mod. (MPa)	Darbe Direnci (Kj/m <sup>2</sup> )
D0	26,59d (0,44)*	572,75a (26,17)	12,85d (1,50)	31,21a (1,15)	911,51a (29,58)	3,41b (0,59)
D15	24,75a (0,25)	819,64b (27,66)	5,82c (0,35)	39,91b (0,14)	1371,30b (19,62)	2,82a (0,26)
D30	25,14b (0,72)	998,76c (51,06)	3,88b (0,21)	42,67c (1,08)	1843,62c (41,90)	3,16ab (0,42)
D45	25,89c (0,28)	1229,14d (46,52)	3,03a (0,06)	45,20d (1,17)	2461,02d (58,00)	3,64c (0,33)

\*Parantez içerisinde verilen değerler standart sapma değerleridir.

darbe özelliği testi için Zwick™ tarafından üretilen HIT5,5P darbe direnci test cihazı kullanılmıştır. Darbe direnci örnekleri üzerine çentikler RayRan™'ın Polytest çentik açma kesicisi kullanılarak eklenmiştir.

### 2.1.3. Morfolojik özelliklerin belirlenmesi

Numunelerin kırık yüzeyleri, 20 kV hızlandırma voltajında bir ZEISS taramalı elektron mikroskobu (SEM, Model EVO LS10 5500LV) kullanılarak incelenmiştir. İlk olarak numuneler sıvı nitrojene daldırılmış ve daha sonra kırık yüzeyleri hazırlamak için ikiye bölünmüştür. Son olarak, numunelerin elektriksel iletkenliğini sağlamak için kırılan yüzeyler altın kaplanmıştır.

### 2.1.4. Dataların analizi

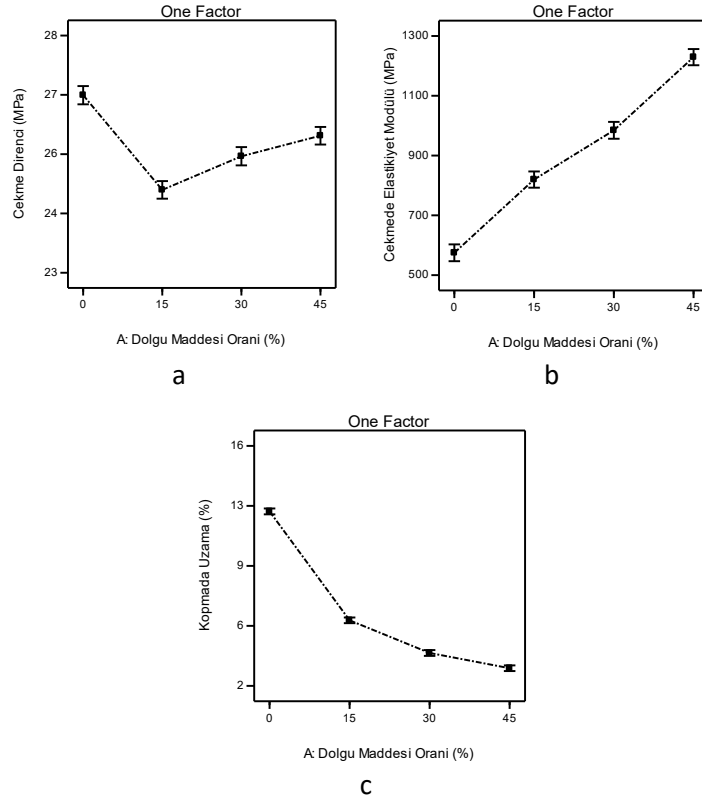
Elde edilen Veriler Design-Expert® 7.0.3 versiyonu kullanılarak istatistik analizleri gerçekleştirilmiştir. Odun unu miktarının etkisinin belirlenmesi amacıyla ANOVA testi uygulanmıştır. Sonuçların anlamlı çıkması sebebiyle bu anlamlı farklılığın analizi için Duncan testi yapılmıştır.

## 3. Bulgular

Çalışma kapsamında, PP bazlı odun plastik kompozit üretimi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş ve çekme, eğilme ve darbe direnci değerleri belirlenmiştir. Belirlenen tüm mekanik özelliklere ait ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4'te sunulmuştur.

Elde edilen sonuçlara ANOVA varyans analizi gerçekleştirilmiş ve etkileşim grafikleri Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.

Çekme özellikleri içerisinde çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama değerleri incelenmiş ve etkileşim grafikleri oluşturulmuştur. Çekme direnci değerlerine ait



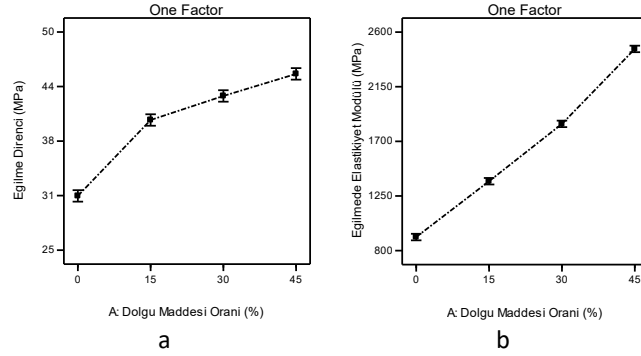
Şekil 2. Çekme özelliklerinin etkileşim grafikleri a) çekme direnci, b) çekmede elas. Mod. ve c) kopma uzama  
Figure 2. Interaction graphs of tensile properties a) tensile strength, b) tensile modulus & c) elongation at break

etkileşim grafiği Şekil 2a'da verilmiştir. Çekme direnci etkileşim grafiği incelendiğinde odun unu katılım oranının çekme direnci değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $P < 0,0001$ ). Yapılan Duncan analizi sonucunda ise her bir grubun birbirinde farklı çekme direnci değerlerine sahip olduğu görülmüştür. En yüksek çekme direnci değerleri odun unu kullanılmayan kontrol grubunda elde edilmiştir. İlk %15'lik odun unu ilavesi ile çekme direnci değerleri azalsa da sonra ki %15'lik yüklemelerde çekme direnci değerlerinde hafifçe bir artış gözlemlenmiştir. Yapılan Duncan analizi sonucunda bu artışların anlamlı olduğu belirlenmiştir. Uyumlaştırıcı olarak MAPP kullanımı ile polimer ve lignoselülozik dolgu maddesi arasındaki bağlanmayı arttırdığı ve dolayısıyla çekme direnci değerlerini hafifçe iyileştirdiği düşünülmektedir. MAPP ve MAPE' nin bir uyumlaştırıcı olarak kullanılmasının hidrofilik lignoselülozik malzeme ve hidrofobik polimer matrisi arasındaki yapışmayı geliştirmek için iyi bir yöntem olduğu bilinmektedir (Ismail ve ark., 2002; Mengeloglu ve Karakus, 2008b; Annie Paul ve ark. 2008; Nourbakhsh ve Ashori, 2008; Rao ve ark., 2018). Ayrıca odun ununun polimer içerisinde homojen bir şekilde dağılımının sağlanması da çekme direnci değerlerinin

iyileşmesine sebep olmaktadır (Woodhams ve ark., 1993; Ramezani Kakroodi ve ark. 2013; Basboga ve ark. 2020). Onun için odun unu miktarı artınca daha iyi bir dağılım olduğu ve iyileşmenin bundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Şekil 2b'de ki çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) etkileşim grafiği ele alındığında ise odun unu kullanım oranının çekmede elastikiyet modülü özellikleri üzerinde önemli derecede etkili olduğu görülmüştür ( $P < 0,0001$ ). Yapılan Duncan analizi sonucunda ÇEM değerlerinin her birinin farklı grupta olduğu ve dört farklı ÇEM değerinin elde edildiği görülmüştür. Odun ununun polimer matris içerisine katılım miktarı arttıkça ÇEM değerleri önemli derecede artmıştır. Bu durumun odun ununun elastikiyet modülünün termoplastik polimerin elastikiyet modülü değerinden yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde bu durum karışım kuralı olarak adlandırılmaktadır. Literatürde benzer sonuçlar raporlanmıştır (Wang ve ark., 2003; Qiu ve ark., 2004; Mengeloglu ve ark., 2007). Kopmada uzama özellikleri incelendiğinde ise (Şekil 2c) elastikiyet modülü özelliklerinin aksine odun unu ilavesi ile kopmada uzama değerlerinin azaldığı görülmüştür. Literatürde benzer sonuçlar elde edilmiştir (Mengeloglu ve ark., 2015; Basboga ve ark., 2017; Basboga ve





Şekil 3. Eğilme özelliklerinin etkileşim grafikleri a) eğilme direnci, b) eğilmede elastikiyet modülü  
Figure 3. Interaction graphs of flexural properties; a) Flexural strength, b) Flexural modulus

ark., 2020). Odun unu katılım oranının kopmada uzama değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir ( $P < 0,0001$ ). Yapılan Duncan analizi sonucunda kopmada uzama değerlerinin her birinin farklı grupta olduğu ve dört farklı kopmada uzama değerinin elde edildiği görülmüştür. En yüksek kopmada uzama değeri ise kontrol grubunda elde edilmiştir.

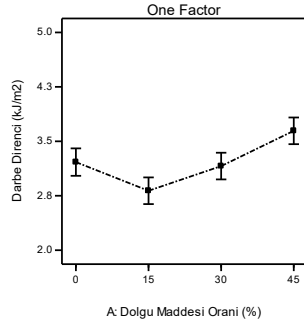
Eğilme özellikleri olarak üretilen OPK'ların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri belirlenmiştir. Etkileşim grafikleri Şekil 3a ve 3b'de verilmiştir. Yapılan ANOVA analizi sonucunda lignoselülozik dolgu maddesinin eğilme direnci değerleri üzerinde önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir ( $P < 0,0001$ ). Dolgu maddesinin katılım oranının artması ile eğilme direnci değerleri de artış göstermektedir ve bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar raporlanmıştır (Yang ve ark. 2007; Karmarkar ve ark. 2007; Yuan ve ark. 2008; Basboga ve ark. 2020).

Eğilmede elastikiyet modülü (EEM) etkileşim grafiği (Şekil 3b) ele alındığında eğilme direnci değerlerine paralel sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda odun unu katılım oranının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerinde de önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $P < 0,0001$ ). Lignoselülozik dolgu maddeleri ve termoplastik polimerler birbirlerinden farklı EEM değerlerine sahiptirler ve lignoselülozik dolgu maddeleri polimerlerden daha yüksek EEM değerlerine sahiptirler. Bunun neticesinde ise kompozit malzemelerde saf polimere nazaran daha iyi bir eğilmede elastikiyet modülü elde edilmektedir. Literatürde bu kavram karışım kuramı olarak ifade edilmiştir (Matuana ve ark., 1998). Yapılan Duncan analizi sonucunda EEM değerlerinin her birinin farklı grupta olduğu ve dört farklı EEM değerinin elde edildiği görülmüştür. En yüksek EEM değeri ise en yüksek oranda odun ununun kullanıl-

dığı D45 grubunda elde edilmiştir.

Bu çalışmada, üretilen kompozit malzemeler genellikle poliolefin esaslı plastik kereste döşeme tahtalarına alternatif olarak düşünülmektedir. Termoplastik kompozitler genelde plastik keresteler için oluşturulmuş olan ASTM D 6662 (2001) standardıyla kıyaslanmaktadır. Bu standart, poliolefin plastiklerden elde edilen plastik kerestelerin eğilme direnci değerlerinin ne olması gerektiğini belirler. Eğilme direnci değerlerinin en az 6,9 MPa ve elastikiyet modülünün ise 340 MPa olması istenmektedir. Üretilen tüm kompozit malzemeler eğilme direnci (39,91–45,20 MPa) ve eğilmede elastikiyet modülü (1371–2461 MPa) özelliklerinde standardın gerekliliğinin çok daha üzerinde sonuçlar göstermiştir.

Darbe direnci etkileşim grafiği Şekil 4'te verilmiştir. Çentikli darbe direnci özelliklerinin etkileşim grafikleri incelendiğinde, darbe direnci özelliğinin de odun unu ilavesi ile istatistiksel olarak önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir ( $P = 0,0012$ ). En düşük (2,82 KJ/m<sup>2</sup>) darbe direnci değeri odun ununun %15 kullanıldığı D15 grubunda elde edilirken, en yüksek darbe direnci değeri (3,64 KJ/m<sup>2</sup>) ise odun ununun en yüksek oranda kullanıldığı D45 grubunda elde edilmiştir. Yapılan Duncan analizi sonucunda üç farklı darbe direnci grubu elde edilmiştir. D30 grubu hem D15 grubu sınırları içerisinde hemde D0 grubu değerleri içerisinde yer almıştır. Etkileşim grafiği incelendiğinde çekme direnci özelliklerine benzer öncelikle olarak hafif bir düşüş elde edilmiş ve sonrasında da odun unu miktarının artması ile hafifçe artışlar gözlemlenmiştir. Bu genellikle lignoselülozik dolgu maddesinin eklenmesi ile kompozit malzemenin kırılma dayanımının artmasından kaynaklanmaktadır (Mengeloglu ve Karakus, 2008a).

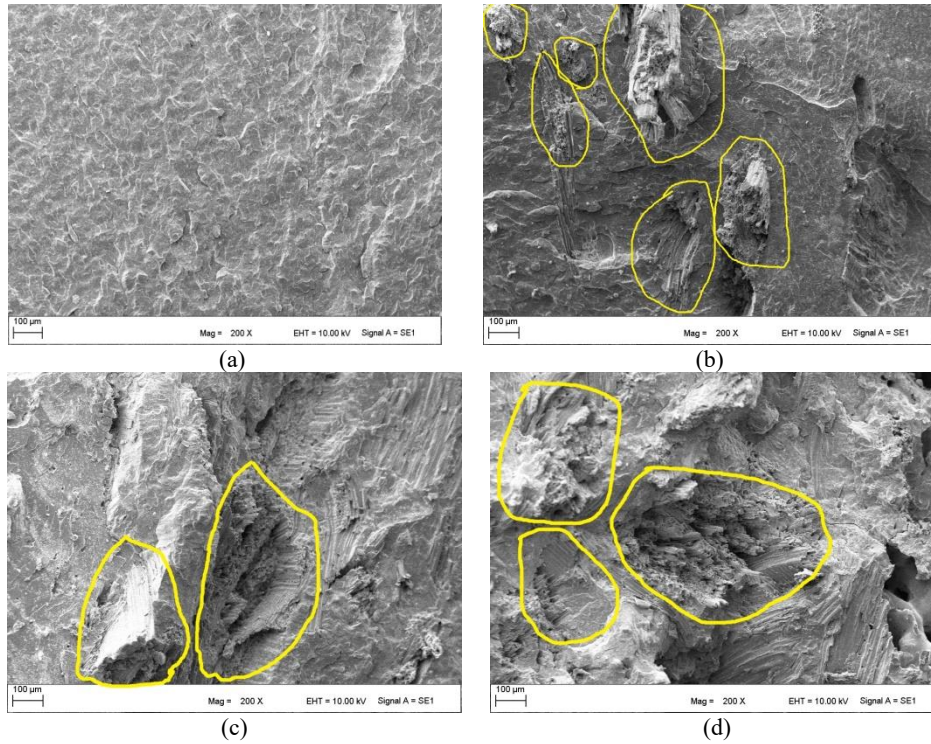


Şekil 4. Darbe direnci etkileşim grafiği  
Figure 4. Interaction graphs of impact properties

Üretilen tüm kompozitlerin morfolojik özellikleri de taramalı elektron mikroskobu (SEM) yardımıyla 200X büyütme oranıyla belirlenmiştir. Saf polimere (D0) ait SEM görüntüsü Şekil 5a'da, %15 dolgu

maddesi içeren kompozit grubuna (D15) ait SEM görüntüsü Şekil 5b'de, %30 dolgu maddesi içeren kompozit grubuna (D30) ait SEM görüntüsü Şekil 5c'de ve en yüksek oranda dolgu maddesi (%45) ihtiva eden kompozitlere (D45) ait SEM görüntüsü ise Şekil 5d'de verilmiştir. Kırık yüzeyde polimer matris içerisinden çıkan veya kırılıp da matris içerisine gömülü olan odun unları SEM görüntüleri üzerinde sarı daire içerisine alınarak gösterilmiştir. Elde edilen bu görüntülerden, PP matrisinin dahoma liflerinin etrafına sıkıca sarıldığı ve ayrıca numunelerin kırılmasından sonra bile arayüz etkileşiminin yine de sağlam olduğu görülmektedir.

Bu da eğilme direncinde ki artışı desteklemektedir. Ayrıca çekme direnci değerlerinde ise odun unu miktarının artması ile D15 grubuna nazaran oluşan hafif artışa da bu arayüz etkileşiminin destek olduğu düşünülmektedir. Literatürde benzer sonuçlar raporlanmıştır (Basboga ve ark., 2020).



Şekil 5. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri; a) D0, b) D15, c) D30, d) D40  
Figure 5. Scanning electron microscope images; a) D0, b) D15, c) D30, d) D40

#### 4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada tropik ağaç türü olan dahoma (dabema) (*Piptadeniastrum africanum*) kerestesinin profil çekme makinasından elde edilmiş atıklarının farklı oranlarda dolgu maddesi olarak kullanıldığı PP bazlı odun plastik kompozitleri başarılı bir şekilde üretilmiştir. Çalışma kapsamında odun ununun katılım oranlarının mekanik ve morfolojik

özellikler üzerinde ki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular şunlardır;

1. Dahoma odun ununun katılım oranlarının OPK'ların belirlenen tüm mekanik özelliklerini istatistiksel olarak önemli derecede etkilemektedir.
2. Genel olarak Dahoma odun unularının dolgu maddesi olarak kullanılması ile olumlu sonuç-

lar elde edildiği belirlenmiştir. Özellikle %30 ve %45 oranlarda kullanımı ile elde edilen mekanik değerlerin, %15 oranda kullanımı sırasında elde edilen mekanik değerlerden daha iyi sonuçlar elde edildi gözlemlenmiştir.

3. Bunun yanı sıra çekme direnci özelliklerinde üretilen kompozit gruplar saf polimerin değerinden daha düşük bir özellik gösterdiği belirlenmiştir.
4. Sadece kopmada uzama değerlerinde odun unu ilavesi ile tüm gruplarda bir azalma görülmüştür.
5. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü özelliklerinde ise standardın (ASTM D 6662 (2001)) çok daha üzerinde sonuçlar elde edilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile ithal olarak getirilen ve tropik ağaç türlerinden olan Dahoma (Dabema) kerestesinin atık unlarının PP esaslı termoplastik kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak değerlendirilebileceği anlaşılmıştır. Özellikle kur dalgalanmalarının yaşandığı bu günlerde yurtdışından getirilen tropik ağaç türlerinin optimal şekilde değerlendirilmesi elzem olmuştur. Atık olarak yakılan bu odun unları kompozit malzeme üretiminde değerlendirilmesi ile ülke ekonomisine katkı sağlanabileceği düşünülmektedir.

## Teşekkür

Ekşioğlu Orman Ürünleri firmasına dahoma (dabema) atık unlarının temini sırasında yardımcı olmaları dolayısıyla teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

Acar, H. 2014. MDF tozu ve piriç sapı atıklarının termoplastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Al-Mefarrej, H. A. 2009. Testing and enhancing the compatibility of five Saudi wood species for cement-bonded particleboard industry. *Alexandria Science Exchange Journal* 30(3), 333-342.

Annie Paul, S., Boudenne, A., Ibos, L., Candau, Y., Joseph, K. and Thomas, S. 2008. Effect of fiber loading and chemical treatments on thermophysical properties of banana fiber/polypropylene commingled composite materials. *Composites A* 39:1582–1588. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2008.06.004>

Anonim, 2015. European and global markets 2012 and future trends; wood-plastic composites (WPC) and natural fibre composites (NFC), *Bioplastics Magazine* (03/14) Vol. 9

Anonim, 2020. Wood plastic composite (WPC) market production values and generate revenue of USD

9953.8 million with a CAGR of 9.5% worldwide By 2030. *Apnews* <https://apnews.com/press-release/wired-release/technology-business-virus-outbreak-corporate-news-diseases-and-conditions-600ee4b4fd2f0b7b0ce-7de3214906333> (Ziyaret Tarihi: 07/02/2022)

Anonim 1, 2022. Türkiye’de yoğun talep gören Afrika ağaçları. *Ekşioğlu orman ürünleri ürün kataloğu*. <http://eksiogluorman.com.tr/kereste/> (Ziyaret Tarihi: 04/04/2022)

Anonim 2, 2022. Seger orman ürünleri dabema kereste kullanım alanları. <https://segerorman.com.tr/product-details/dabema-kereste/> (Ziyaret Tarihi: 04/04/2022)

Antwi-Boasiako C., Ofosuhene L. and Boadu K.B. 2018. Suitability of sawdust from three tropical timbers for woodcement composites. *Journal of Sustainable Forestry*, 37(4), 414-428.

ASTM D6662 2001. Standard Specification for Polyolefin-Based Plastic Lumber Decking Boards. West Conshohocken, PA, USA

ASTM D790 2010. Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. West Conshohocken, PA, USA

ASTM D638 2010. Standard test for tensile properties of plastics. West Conshohocken, PA, USA

ASTM D256. 2010. Standard test for determining the izod pendulum impact resistance of plastics. West Conshohocken, PA, USA

Avcı, E. 2012. Ahşap plastik kompozitlerin kullanım performansları üzerine araştırmalar. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Basboga, I.H., Atar, I., Karakus, K. and Mengeloglu F. 2017. Determination of selected properties of PP based composites filled eggplant (*Solanum Melongena*) stalks. *ProLigno* 13(4), 276–282.

Basboga, I.H., Atar, I., Karakus, K. and Mengeloglu F. 2020. Determination of some technological properties of injection molded pulverized-HDPE based composites reinforced with micronized waste tire powder and red pine wood wastes. *J Polym Environ* 28, 1776–1794. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01726-7>

Brahmia F.Z., Hortvath P.G. and Alpar T.L. 2020. Effect of pre-treatments and additives on the improvement of cement wood composite: A Review. *BioResources*, 15(3), 7288-7308.

Dönmez Çavdar, A. 2011. Farklı lignoselülozik ve termoplastik maddelerle üretilen odun-plastik kompozitlerin özelliklerinin incelenmesi. Doktora Tezi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Fan, M., Nadikontar, M. K., Zhou, X., and Ngamveng, J. N. (2012). Cement-bonded composites made from tropical woods: Compatibility of wood and cement. *Construction and Building Materials* 36, 135-140. DOI:10.1016/j.



conbuildmat.2012.04.089.

Gastro, V., Zambuja, R. D. R., Parchen, C. F. A., and Iwakiri, S. 2019. Alternative vibro-dynamic compression processing of wood-cement composites using Amazonian wood. *Acta Amazonia* 49(1), 75-80.

Hamdan S., Talib Z.A., Rahman M.R., Ahmed A.S. and Islam M.S. 2010. Dynamic young's modulus measurement of treated and post-treated tropical wood polymer composites (WPC). *BioResources*, 5(1), 324-342.

Idrus M.A.M.M., Hamdan S., Rahman M.R. and Islam M.S. 2011. Treated tropical wood sawdust-polypropylene polymer composite: mechanical and morphological study. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 2, 435-444.

Islam M.S., Hamdan S., Hassan A., Talib Z.A. and Sobuz H.R. 2014. The chemical modification of tropical wood polymer composites. *Journal of Composite Materials*, Vol. 48(7) 783-789.

Ismail, H., Edyham, M.R., Wirjosentono, B. 2002. Bamboo fibre filled natural rubber composites: the effects of filler loading and bonding agent. *Polym Test* 21:139-144. [https://doi.org/10.1016/S0142-9418\(01\)00060-5](https://doi.org/10.1016/S0142-9418(01)00060-5)

Karakuş, K. 2008. Üniversitemizdeki polietilen ve polipropilen atıkların polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Karmarkar, A., Chauhan, S.S., Modak, J.M., Chanda, M. 2007. Mechanical properties of wood-fiber reinforced polypropylene composites: effect of a novel compatibilizer with isocyanate functional group. *Composites A* 38:227-233. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITE-SA.2006.05.005>

Matuana, L.M., Park, C.P. and Balatinecz, J. J. 1998. Cell morphology and property relationships of microcellular foamed PVC / wood-fiber composites" *Polym. Eng. Sci.* 38, 1862-1872

Mengeloglu, F., Kurt, R., Gardner, D.J. and Oneil, S. 2007. Mechanical properties of extruded high density polyethylene and polypropylene wood flour decking board. *Iranian Polymer Journal*. 16(7), 477-487.

Mengeloglu, F., Karakus, K. 2008a. Thermal degradation, mechanical properties and morphology of wheat straw flour filled recycled thermoplastic, *Sensors*, ISSN 1424-8220 8. pp. 497-516.

Mengeloglu, F., Karakus, K. 2008b. Some properties of eucalyptus wood flour filled recycled high density polyethylene polymer-composites. *Türk J Agric For.*, 32, pp. 537-546.

Mengeloglu, F., Kabakci, A. 2008. Determination of thermal properties and morphology of eucalyptus wood residue filled high density polyethylene Composites. *Int. J. Mol. Sci.*, 9: 107-119.

Mengeloglu F., Basboga, I.H., and Aslan T. 2015. Selected

properties of furniture plant waste filled thermoplastic composites. *ProLigno* 11(4), 199-206 (2015).

Nourbakhsh, A., Ashori, A. 2008. Highly fiber-loaded composites: physical and mechanical properties. *Polymers and Polymer Composites*, 16:343-347. <https://doi.org/10.1177/096739110801600508>

Qiu, W., Endo, T. & Hirotsu, T. 2004. Interfacial interactions of a novel mechanochemical composite of cellulose with maleated polypropylene. *J. Appl. Polym. Sci.* 94, 1326-1335.

Papadopoulos, A. N. 2009. Physical mechanical properties and durability against basidiomycetes of particleboards made from cement and *Carpinus betulus* L. wood particles. *Wood Research* 54(2), 95-100.

Pasca, S. A., Hartly, I. D., Reid, M. E., and Thring, R. W. 2010. Evaluation of compatibility between beetle-killed lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) wood with Portland cement. *Materials* 3(12), 5311-5319. DOI: 10.3390/ma3125311.

Petkim, 2016. Petoplen EH-102 Polipropilen (PP) ürün teknik özellikleri ürün kataloğu. <https://www.starflot.com/pdfs/PPH/PETKIM-EH-102.pdf> (Ziyaret Tarihi: 04/04/2022)

Phillips, D. R., and Hse, C. Y. 1987. Effect of cement / wood ratios and wood storage conditions on hydration temperature, hydration time, and compressive strength of wood-cement mixtures. *Wood and Fiber Science* 19(3), 262-268.

Ramezani Kakroodi, A., Kazemi, Y., Rodrigue, D. 2013. Mechanical, rheological, morphological and water absorption properties of maleated polyethylene/hemp composites: Effect of ground tire rubber addition. *Composites B* 51:337-344. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.03.032>

Rao, J., Zhou, Y., Fan, M. 2018. Revealing the interface structure and bonding mechanism of coupling agent treated WPC. *Polymers*, 10:1-13. <https://doi.org/10.3390/polym10030266>

Wang, X., and Yu, Y. 2012. The compatibility of two common fast-growing species with Portland cement. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 9(2), 154-159.

Wang, Y., Yeh, F.C., Lai, S.M., Chan, H.C. & Shen, H.F. 2003. Effectiveness of functionalized polyolefins as compatibilizers for polyethylene/wood flour composites. *Polym. Eng. Sci.* 43 (4), 933-945.

Woodhams, R.T., Law, S., Balatinecz, J.J. 1993. Intensive mixing of wood fibers with thermoplastics for injection-molded composites. In: Proc. Wood fiber/polymer composites: fundamental concepts, processes, and material options. Forest Product Society, Madison

Yang, H.S., Wolcott, M.P., Kim, H.S., Kim, S. and Kim, H.J. 2007. Effect of different compatibilizing agents on the mechanical properties of lignocellulosic material

---

filled polyethylene bio-composites. *Composite Structures*, 79(3); 69–375. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2006.02.016>

Yap M.G.S., Que Y.T., Chia L.H.L. and Chan H.S.O. 1991. Thermal properties of tropical wood-polymer composites. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol.

43,2057-2065.

Yuan, Q., Wu, D., Gotama, J., Bateman, S. 2008. Wood fiber reinforced polyethylene and polypropylene composites with high modulus and impact strength. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 21(3);195–208pp. <https://doi.org/10.1177/0892705708089472>