



### Palmye ağacı yaprak kınlarının kompozit levha üretiminde değerlendirilmesi

Derya Ustaömer<sup>1</sup>, Elif Topaloğlu<sup>2\*</sup>, Murat Öztürk<sup>3</sup>

**ÖZ:** Bu çalışma kapsamında palmye ağacı gövde kısmına yakın yaprak kınlarının kompozit levha üretiminde değerlendirilme imkânları araştırılmıştır. Kompozit levha üretimi için kullanılacak olan palmye ağacı yaprak kınları bir bıçak yardımıyla gövdeden tek parça halinde kesilmiştir. Levha taslağı içerisinde tabaka olarak kullanılan farklı sayılardaki yaprak kınları ve ticari kayın liflerinden üre formaldehit (ÜF) tutkalı ve parafin kullanılarak beş farklı kompozit levha üretilmiştir. Üretilen bu levha örneklerinin su alma (SA) ve kalınlığına şişme (KŞ) oranları, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri ilgili standartlara göre belirlenmiştir. Kompozit levhayı oluşturan palmye yaprak kını ve kayın liflerinin lif karakteristikleri Franklin maserasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Çalışma sonucunda üretimde kullanılan yaprak kını sayısına göre üretilen kompozit levhaların su alma ve kalınlığına şişme oranlarının kontrol örneğine kıyasla azaldığı, yaprak kınlarının levha taslağında bulunduğu yere göre eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin değişim gösterdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, üretilen bu kompozit levhalar, inovatif yaklaşımlarla tasarım ve dekorasyon amaçlı kullanılabilirliği gibi mobilya üretiminde hafif ve dayanıklı bir malzeme olarak tercih edilebilir. Ayrıca, suya ve rutubete dayanıklı ortamlarda kullanıma uygun olup panel malzemeler olarak farklı amaçlarla değerlendirilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Palmye yaprak kını, kompozit levha, lif, fiziksel özellikler, mekanik özellikler

### Evaluation of palm tree leaf sheaths in composite panel production

**ABSTRACT:** This study investigates the potential use of leaf sheaths from palm trees, located near the trunk, in the production of composite panels. The leaf sheaths intended for composite panel production were cut from the trunk in one piece using a knife. Five different composite panels were produced from different numbers of leaf sheaths used as layers in the panel mat and commercial beech fibers using urea formaldehyde (UF) resin and paraffin. The water absorption (WA) and thickness swelling (TS) rates, modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) values of these produced panel samples were determined according to the relevant standards. The fiber characteristics of the palm leaf sheaths and beech fibers that comprised the composite panel were determined using the Franklin maceration method. The results showed that the water absorption and thickness swelling ratios of the composite panels decreased in comparison to the control sample, depending on the number of leaf sheaths used in production. Additionally, the modulus of rupture and modulus of elasticity values varied based on the location of the leaf sheaths within the panel mat. As a result, these composite panels can be utilized for design and decoration purposes with innovative approaches and can also be preferred as a lightweight and durable material in furniture production. Additionally, they are suitable for use in water and moisture resistant environments and can be evaluated as panel materials for various purposes.

**Keywords:** Palm leaf sheath, composite panel, fiber, physical properties, mechanical properties

Makale tarihçesi: Geliş:23.10.2024, Kabul:21.12.2024, Yayımlanma:30.12.2024, \*e-posta: elif.topaloglu@giresun.edu.tr.

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye,

<sup>2</sup>Giresun Üniversitesi, Giresun Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Giresun/Türkiye,

<sup>3</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye.

**Atıf:** Ustaömer D., Topaloğlu E., ve Öztürk M., (2024), Palmye ağacı yaprak kınlarının kompozit levha üretiminde değerlendirilmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 7 (2), 281-292, DOI:[10.33725/mamad.1572441](https://doi.org/10.33725/mamad.1572441)

## 1 Giriş

Son yıllarda, farklı alanlarda yapılan birçok çalışma ve araştırma açısından atık yönetimi ve sürdürülebilirlik önemli kavramlar olarak dikkat çekmektedir. Biyoatıkların bu anlamda çeşitli sektörlerde kullanılması, bir yandan atıkların etkili şekilde değerlendirilmesini ve çevresel sorunların azaltılmasını sağlarken bir yandan da doğal kaynakların verimli kullanılmasına ve korunmasına katkı sağlamaktadır. Kompozit levha üretiminde, özellikle tarım ve orman kaynaklı biyoatıkların hammadde olarak değerlendirilmesi, bu sektör için tüm endüstrilerde karşılaşılan hammadde probleminin çözümünde alternatif yollardan biridir.

Son 20 yıl içerisinde, kompozit malzemelerin üretiminde cam veya çeşitli geleneksel takviye malzemelerini kullanmak yerine, lignoselülozik doğal liflerin yapısal özelliklerinden faydalanılarak kullanılmasına olan endüstriyel ilgi giderek artmıştır. Doğal liflerle takviyeli kompozitlerin, hızlı parçalanabilirlik, yenilenebilirlik, erişilebilirlik, yüksek özgül özellikleri ile birlikte maliyetinin de düşük olması gibi avantajları bulunmaktadır (Li ve ark., 2020). Kompozit levha üretim sürecinde, yenilenebilir tarımsal bir atık olan palmiye biyokütlesinin kullanılmasının önemi artmaktadır. Bekhta (2023), özellikle yağ palmyesi (oil palm) gövdelerinin önemli atık ürünler arasında kabul edildiğini belirtmektedir. Alhijazi ve ark. (2020), her yıl yapılan palmye hasadı sonrasında dünya çapında tonlarca miktarda biyokütle lifli atık üretildiğini ve bu atık liflerin palmye-doğal lif kompozitlerinin geliştirilmesinde kullanılabildiğini belirtmektedir.

Palmye ailesi (*Arecaceae*), yaklaşık 184 cins ve 2400 tür içermektedir. Çoğu palmye türü, tropikal ve subtropikal bölgelerde özellikle tropikal Asya ve Amerika'da yaygın olup bazı türler ise Afrika'da bulunmaktadır (Zhai ve ark., 2013). Palm yağı, hindistancevizi ürünleri, hurma ve palmye şarabı gibi çeşitli ürünlerin kaynağı olan palmye ağaçları, süs bitkisi olarak da bahçecilikte ve peyzaj düzenlemesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Olotu ve ark. 2024). Palmyeler, sekonder kalınlaşma yapmayan uzun ömürlü bitkilerdir (Merev, 2003). Her yıl, palmye ağaçlarının yapraklarının bir kısmı kurumakta ve bunun sonucunda ağaç gövdesini kavrayan, kaba ve kahverengi yaprak kını liflerinden oluşan bir ağ oluşmaktadır. Palmye ağacı yaprak kını lifi, yüksek dayanıklılık ve mukavemet özellikleri nedeniyle şilteler, kanepeler, deniz ipleri, çuvallar ve geleneksel yağmurluklar gibi çeşitli ürünlerin yapımında kullanılmaktadır (Zhai ve ark. 2013; Li ve ark. 2020).

Yapılan literatür taramalarında, biyokütle atıklarının kompozit levha üretiminde değerlendirilmesi konusunda birçok araştırmanın mevcut olduğu görülmektedir. Özellikle palmye ağacının farklı kısımlarının MDF üretiminde kullanılmasıyla ilgili literatürde araştırmalar bulunmaktadır (Onuorah 2005; Jamaludin ve ark., 2005; Ibrahim ve ark., 2013; Ibrahim ve ark., 2014; Hosseinkhani ve ark., 2014; Jaber ve ark., 2016; Awang ve ark., 2023). Ancak, palmye ağacı yaprak kınlarının kompozit levha üretiminde kullanılması konusunda ise sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Taghiyari ve ark. (2018), Hurma palmyesi (*Phoenix dactylifera* L.) ağacının budama atıklarından elde edilen yaprakları liflendirerek odun liflerine karıştırmış ve karışıma üre formaldehit ve izosiyanat tutkalları ile üç farklı oranda karıştırılan nano-wollastonit ekleyerek ürettikleri orta yoğunluklu lif levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Selvaraj ve ark. (2024), Areca palmyesinin yaprak sapları ve dut liflerinden ürettikleri kompozit malzemenin mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Dhakal ve ark. (2018), Hurma palmyesi yaprak kınından elde edilen liflerin kompozit malzemelerde alternatif takviye malzemesi olarak uygunluğunu araştırmışlardır. Bu çalışmanın amacı, palmye ağacı yaprak kınlarının kompozit levha üretiminde atık bir biyokütle olarak kullanım potansiyelini araştırmak ve levha özelliklerindeki etkilerini belirlemektir.

## 2 Materyal ve Metot

### 2.1 Materyal

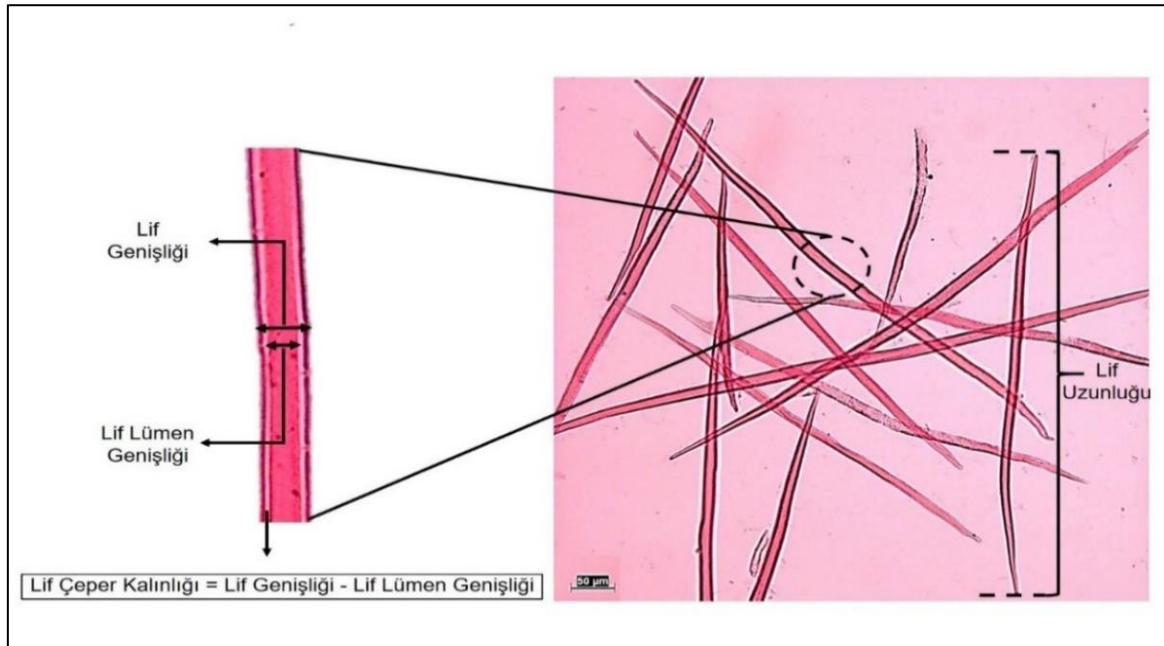
Bu çalışmada, lifsel hammadde olarak kullanılan kayın (*Fagus sp.*) lifleri Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret AŞ'den, atık materyal olarak kullanılan Marmara palmyesi/ Tüylü palmye/Sakallı palmye ağacı (*Rhapis excelsa* (Thunb.) A.Henry (Sin. *Chamaerops excelsa* Thunb.)) yaprak kınları Giresun'dan temin edilmiştir. Yaprak kınları, ağacın gövde kısmından kesilerek elde edilmiştir. Kompozit levha üretiminde kullanılan üre formaldehit (ÜF) tutkalı Çamsan Ordu Ağaç San. ve Tic. AŞ'den temin edilmiştir.

### 2.2 Metot

#### 2.2.1 Kayın ve palmye lif karakteristiklerinin belirlenmesi

Kayın ve palmye lif karakteristiklerini belirleyebilmek için öncelikle lifler serbest hale getirilmiştir. Bu işlem için "Franklin" maserasyon yöntemi kullanılmıştır (Franklin, 1945). Öncelikle masere edilecek olan örnekler, kibrit çöpü kalınlığında parçalara ayrılarak deney tüplerine yerleştirilmiştir. Hazırlanan tüplere 1:1 oranında hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve glasiyal asetik asit ( $CH_3COOH$ ) ilave edilmiştir. Deney tüplerinin ağızları parafilm ile kapatılmış ve ardından bu tüpler etüv içine yerleştirilmiştir. Daha sonra, örnekler 48 saat süre boyunca  $60\text{ }^\circ\text{C}$ 'de tamamen beyaz renge alana kadar bekletilmiştir. Masere edilen lifler saf su ile yıkandıktan sonra beher içerisine alınarak mekanik karıştırıcı ile tamamen serbest hale gelmesi sağlanmıştır. Ardından süzme işlemi gerçekleştirilmiş ve filtre kâğıdı üzerinde kalan örnekler, safranin-gliserin içeren cam şişelere aktarılmıştır.

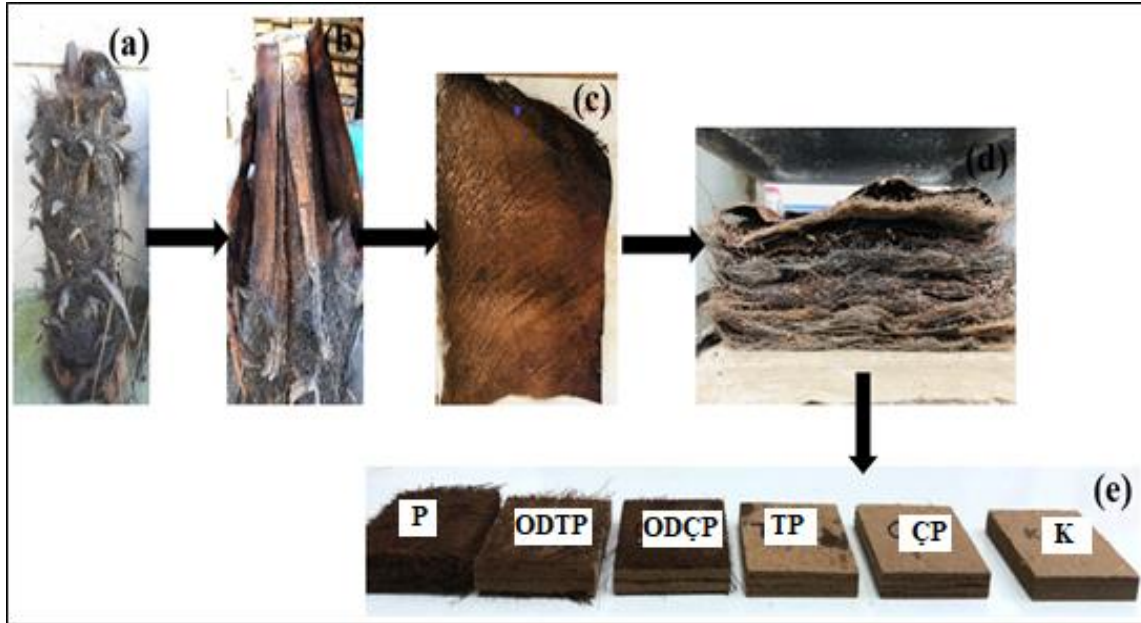
Ölçüme hazır hale getirilen lifler lam ve lamel arasına yerleştirilmiş, kamera entegre edilmiş Olympus BX50 dijital foto mikroskobu ve BS200pro görüntü analiz işleme sistemi kullanılarak mikro fotoğrafları çekilmiştir. Elde edilen görüntüler üzerinden BS200pro görüntü analiz yazılımı kullanılarak liflere ait lif hücre uzunluğu, lif genişliği, lif lümen genişliği ölçülmüş ve elde edilen verilerden lif çeper kalınlığı hesaplanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Palmiye lif hücrelerine ait ölçümü gerçekleştirilen anatomik özellikleri gösterir fotoğraf

## 2.2.2 Kompozit levhaların üretimi

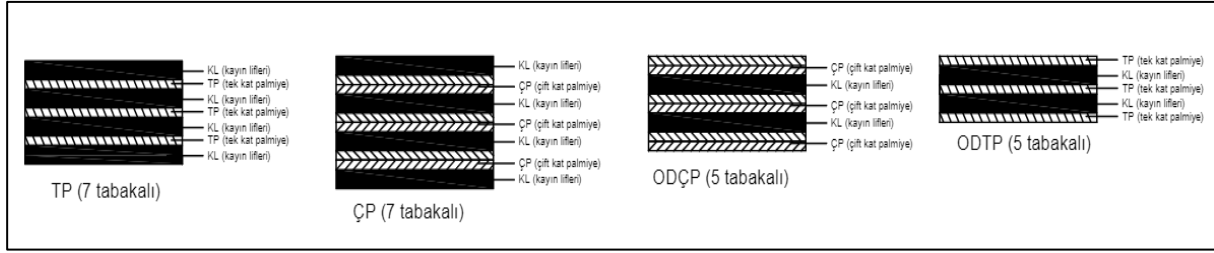
Palmiye yaprak kınları, bir bıçak yardımıyla palmiye ağacı gövdesinden ayrılarak doğal kurutmaya bırakılmıştır. Yaprak kınları (Şekil 2c) Çizelge 1’de belirtilen deneme desenine ve Şekil 3’te sunulan temsili gösterime uygun şekilde tek veya çift kat olarak lifler arasına ve/veya yüzeyine tabaka halinde yerleştirilmiştir. Tek kat palmiye yaprak kını lifleri örgülü-ağsı bir yapıya sahip olup, bu çalışmada tabaka içerisinde çift kat yaprak kını kullanımı ile lif yönü birbirine karşılıklı gelecek şekilde daha güçlü-rijit bir malzeme oluşturmak amaçlanmıştır. Kurutma fırınında %2-3 rutubete kadar kurutulan kayın lifleri ve yaprak kınları levhanın hedef yoğunluk değeri ( $800 \text{ kg/m}^3$ ) esas alınarak üretim öncesinde ağırlıkça tartılarak hazırlanmış ve %13 oranında ÜF tutkalı (katı madde oranı %58) ile tam kuru life oranla %1 oranında parafin emülsiyonu kullanılarak levha taslağı oluşturulmuştur. Daha sonra bu taslaklar,  $170 \text{ }^\circ\text{C}$ ’de 6 dakika süre ile sıcak preste preslenerek  $30 \times 30 \times 0.8 \text{ cm}$  boyutlarında kompozit levha üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen bu levhalar iklimlendirme odasında  $60 \pm 5$  bağıl nem ve  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık şartlarında klimatize edilmiş ve deneyler için gerekli boyutlarda kesilmiştir. Levha grupları ve içerikleri Çizelge 1’de; üretim prosesi, üretimde kullanılan palmiye ağacı gövdesi, yaprak kını, levha taslağı ve üretilen levha örnekleri Şekil 2’de belirtilmiştir.



Şekil 2. Üretim prosesi (a)-Palmiye ağacı gövdesi, (b)- Kesim işlemi sonrası yaprak kınları, (c)- Tek yaprak kını görseli, (d)-Hazırlanan taslağın presteki görseli, (e)-Üretilen levha örnekleri

Çizelge 1. Levha gruplarına ait deneme deseni

Levha grupları	İçerik
TP	7 tabaka (4 tabaka kayın lifi + 3 tabaka-tek kat palmiye yaprak kını)
ÇP	7 tabaka (4 tabaka kayın lifi + 3 tabaka-çift kat palmiye yaprak kını)
ODÇP	5 tabaka (2 tabaka kayın lifi + orta ve dış tabakalar çift kat palmiye yaprak kını)
ODTP	5 tabaka (2 tabaka kayın lifi + orta ve dış tabakalar tek kat palmiye yaprak kını)
P	%100 palmiye yaprak kını
Kontrol	%100 kayın lifi



Şekil 3. Levha taslaklarının (TP, ÇP, ODÇP, ODTP) temsili gösterimi

### 2.2.3 Su alma ve kalınlığına şişme oranlarının belirlenmesi

Su alma ve kalınlığına şişme oranlarının belirlenmesi için her bir gruptan 15 adet test örneğinin ilk ağırlık ve ilk kalınlıkları ölçülmüştür. Hazırlanan bu örnekler, 20°C saf suda 2 saat ve 24 saat süre için bekletilmiştir. Daha sonra suda bekletilen örneklerin ağırlık ve kalınlıkları tekrar ölçülmüştür. Ölçüm sonrası örneklerin su alma ve kalınlığına şişme oranları TS EN 317 (1999) standardında belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

### 2.2.4 Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi

Üretilen levha örneklerinin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testleri TS EN 310 (1999) standardına göre Şekil 4'te gösterilen Zwick Roell Z050 universal test makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Zwick Roell Z050 universal test makinesi

### 2.2.5 İstatistik hesaplarının yapılması

Yapılan ilgili analizler sonucunda elde edilen verilere ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri SPSS Statistics 23 programı kullanılarak hesaplanmıştır.

## 3 Bulgular ve Tartışma

### 3.1.1 Kayın ve palmye lif karakteristikleri

Bu çalışmada kompozit levhaların üretiminde kullanılan kayın lifi ve palmye yaprak kını liflerinin bazı lif karakteristiklerine ait elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de belirtilmiştir.

**Çizelge 2.** Kayın ve palmiye yaprak kını lif karakteristikleri

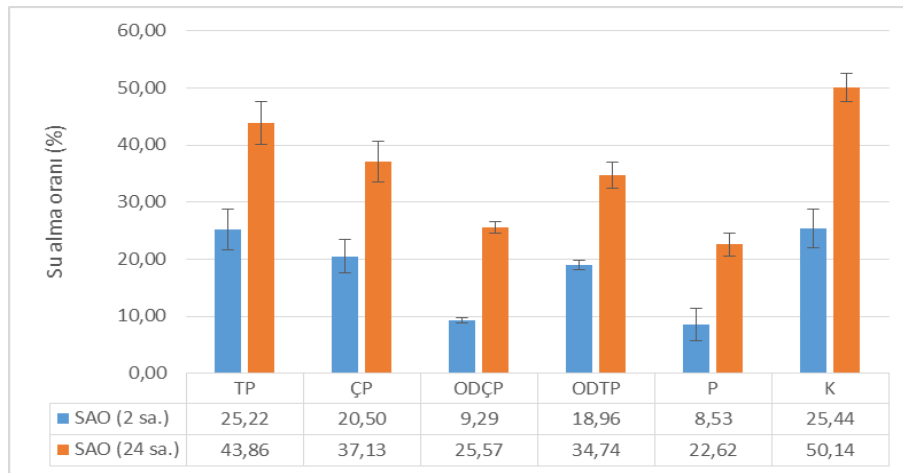
Hammadde	Lif Karakteristikleri			
	Lif uzunluğu (mm)	Lif genişliği (µm)	Lif lümen genişliği (µm)	Lif çeper kalınlığı (µm)
Kayın	1.08 (0.23) *	19.34 (3.93)	6.79 (2.01)	6.28 (1.61)
Palmiye	0.71 (0.12)	14.70 (1.70)	9.31 (1.41)	2.69 (0.52)

\*Standart sapma değeri parantez içerisinde belirtilmiştir.

Bir lifin şeklini ve yapısını ifade eden lif morfolojisi, homojen yapıda bir levha taslağı oluşması açısından ve üretilen levhanın direnç özellikleri bakımından önemlidir (Akbulut ve Ayrılmış, 2001). Çizelge 2’de görüldüğü üzere lif hücre uzunluğu kayın lifi için 1.08 mm ve palmiye lifi için 0.71 mm olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre kayın liflerinin palmiye liflerinden oldukça uzun olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca palmiyenin lif lümeni, kayının lif lümeninden daha geniş olmasına rağmen kayın lifleri palmiyenin liflerinden daha geniş ve lif çeperi palmiyenin lif çeperinden daha kalındır (Çizelge 2). Abdul Khalil ve ark. (2008) Malezya’da yerel bir plantasyondan alınan Afrika yağ palmiyesinin gövde kısmındaki liflerin lif uzunluğunu 0.66 mm ve lif çapını 16.6 µm olarak belirlemişlerdir. Zhai ve ark. (2013), 18 adet palmiye türüne ait yaprak kınlarının anatomik karakteristiklerini araştırdıkları çalışmalarında *Rhapis excelsa*’nın lif uzunluğunu 0.74 mm, lif çapını 13.6 µm ve lif çeper kalınlığını 3.2 µm olarak rapor etmişlerdir. Kayın liflerinin ortalama lif uzunluğu Bozkurt ve Erdin (1989) tarafından 1 mm, Tank ve Akkayan (1987) tarafından ise 1.165 mm olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada belirlenen kayın ve palmiye liflerine ait sonuçlar, genel olarak literatürdeki değerlere benzerlik göstermektedir.

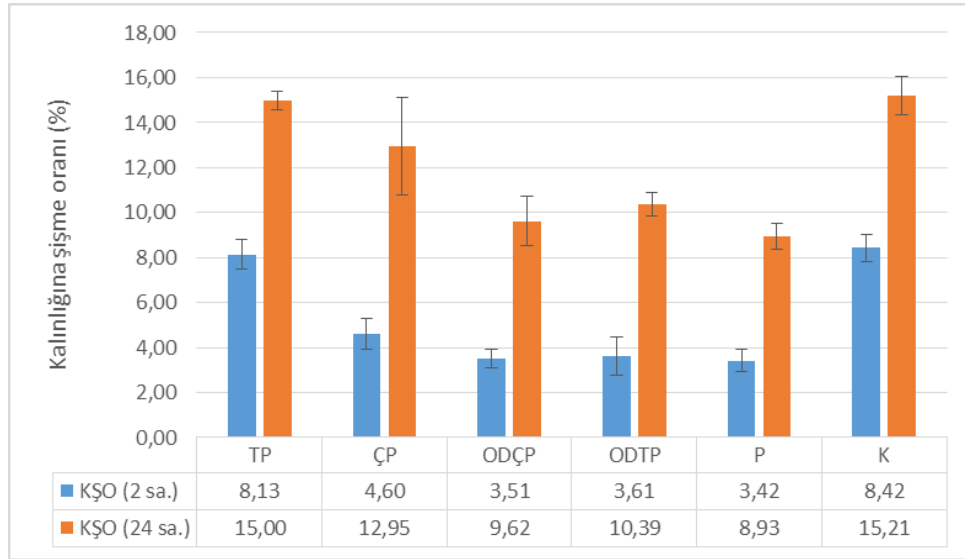
### 3.1.2 Su alma ve kalınlığına şişme oranları

Levha örneklerinin su alma ve kalınlığına şişme oranlarına ait ortalama değerler Şekil 5’te ve Şekil 6’da gösterilmiştir. Şekil 5’te görüldüğü üzere %100 kayın liflerinden üretilmiş kontrol levha örneklerinin 2 sa. ve 24 sa. su alma oranları en yüksek, % 100 palmiye liflerinden üretilmiş levhaların su alma oranları ise en düşük bulunmuştur. Levha örneklerinin su alma oranlarını şu şekilde sıralamak mümkündür: K > TP > ÇP > ODTP > ODÇP > P. Bu sonuçlara göre palmiye yaprak kını ilave edilmiş levha taslağındaki palmiye kat sayısı arttıkça levhaların su alma oranlarının kontrol örneğine kıyasla belirgin oranda azaldığı görülmektedir.



**Şekil 5.** Levha örneklerinin su alma oranları

Örnek levhaların kalınlığına şişme oranlarına ait sonuçlar su alma oranlarına ait sonuçlar ile uyumlu olarak bulunmuştur. Şekil 6'da görüldüğü üzere, %100 kayın liflerinden üretilmiş kontrol levha örneklerinin 2 sa. ve 24 sa. kalınlığına şişme oranları en yüksek, % 100 palmye liflerinden üretilmiş levhaların kalınlığına şişme oranları ise en düşük olarak bulunmuştur. Levha örneklerinin kalınlığına şişme oranları şu şekilde sıralanabilir:  $K > TP > \text{ÇP} > \text{ODTP} > \text{ODÇP} > P$ . Bu sonuçlar, palmye yaprak kını ilave edilmiş levha taslağındaki palmye kat sayısı arttıkça levhaların kalınlığına şişme oranlarının kontrol örneğine kıyasla azaldığını göstermektedir.



Şekil 6. Levha örneklerinin kalınlığına şişme oranları

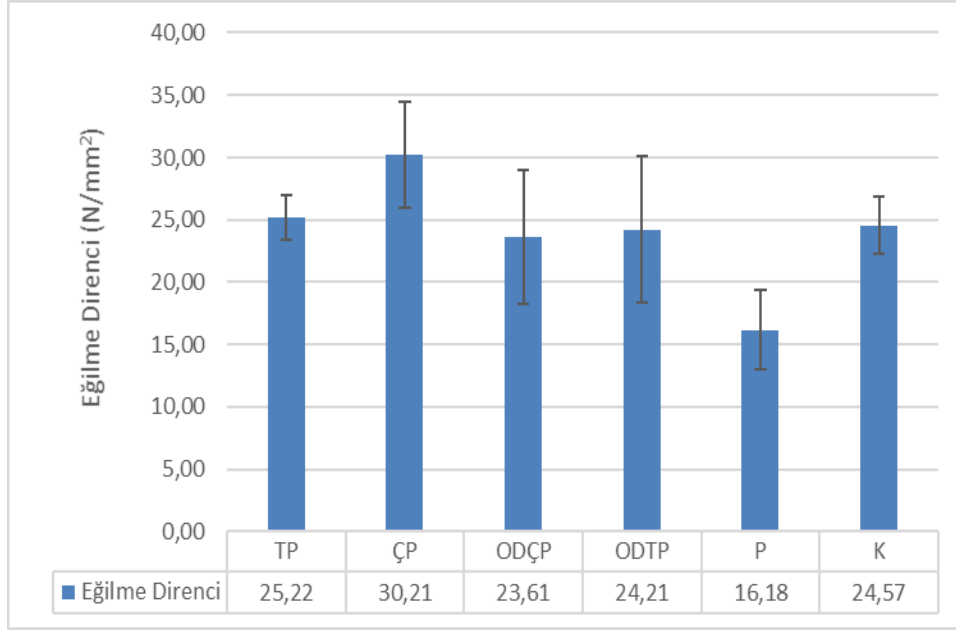
Çalışmada elde edilen su alma ve kalınlığına şişme oranları birlikte değerlendirildiğinde özellikle, palmye yaprak kını içeren levhaların su alma ve kalınlığına şişme oranlarının kontrol örneğine kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuç, palmye yaprak kınlarındaki iletim demetlerinin (vascular bundle) yapısına katılan liflerin özellikleri ile ilişkili olabilir. Palmye yaprak kınlarındaki iletim demetleri metaksilem, floem, protoksilem, ve lif demeti (fiber bundles) gibi kısımlardan meydana gelmektedir (Adzkie ve ark., 2020). Benzer iletim demeti yapısı palmyenin gövde kısmında da mevcut olup Nuryawan ve ark. (2022), lifli iletim demetlerinin düşük higroskopisite özelliklerine sahip olduğunu belirtmiştir.

Ayrıca, bu çalışmada belirlenen su alma ve kalınlığına şişme oranlarının standartta belirtilen değer aralıklarından daha düşük olduğu belirlenmiştir. Özellikle, palmye takviyeli gruplarda düşük su alma ve kalınlığına şişme oranları test sonrası örneklerin ölçümü sırasında görsel olarak da gözlenmiştir. Çalışmada parafin kullanılmış olması da bu değerlerin önemli ölçüde azalmasında etkili olmuştur. Bununla birlikte, palmye liflerinin kimyasal yapısındaki farklılıkların, liflerin yerleşim düzeni ve ağsı yapısının yanı sıra, yaprak kını liflerinin tutkalla birleşerek sert ve rijit bir tabaka oluşturmasının, özellikle palmye liflerinin dış tabakalarda kullanıldığı levhalarda su alma ve kalınlığına şişme oranlarının azalmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Bu sonuçlar, üretilen kompozit levhaların suya ve rutubete maruz kalabilecek çeşitli kullanım alanları için uygun olabileceğini göstermektedir.

### 3.1.3 Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri

Levha örneklerinin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ortalama değerler Şekil 7 ve 8'de sunulmuştur. En yüksek eğilme direnci değeri, orta tabakasında çift

kat yaprak kını yerleştirilmiş levha grubuna (ÇP), en düşük eğilme direnci değeri ise %100 palmiye yaprak kınından üretilmiş levha grubuna (P) ait olarak bulunmuştur. Orta ve dış tabakada tek kat yaprak kını yerleştirilmiş levha grubu (ODTP) ile %100 kayın liflerinden üretilmiş kontrol örneklerinin eğilme direnci değerleri birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Şekil 7 incelendiğinde, levha taslağının sadece orta tabakasına tek ya da çift kat olmak üzere yerleştirilen palmiye yaprak kınlarının (TP ve ÇP) levhanın eğilme direncini kontrol örneğine kıyasla arttırdığı görülmektedir.

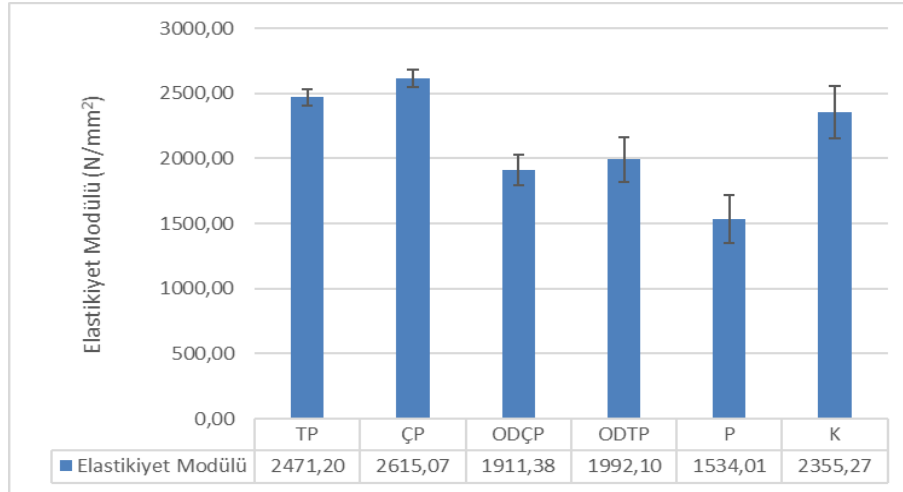


Şekil 7. Levha örneklerinin eğilme direnci değerleri

Şekil 8’de görüldüğü üzere, levha grupları arasında en yüksek elastikiyet modülü değeri, orta tabakasında çift kat yaprak kını yerleştirilmiş levha grubuna (ÇP) ait olup bu grubun değerini orta tabakasında tek kat yaprak kını yerleştirilmiş levha grubu (TP) takip etmektedir. En düşük elastikiyet modülü değeri ise %100 palmiye yaprak kınından üretilmiş levha grubuna (P) aittir. Orta ve dış tabakada hem tek kat hem de çift kat yaprak kını yerleştirilmiş levha gruplarının elastikiyet modülü değerleri birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte Jamaludin ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada palmiye ağacı gövde kabuklarının yongalanması metoduyla üretilen lif levhaların eğilme direnci değeri 15.19 N/mm<sup>2</sup>, elastikiyet modülü değeri ise 1996.0 N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Bahsedilen çalışmada elde edilen eğilme direnci değeri, bu çalışmada %100 palmiye yaprak kınından üretilen levhaların eğilme direnci değerine yakın olarak bulunmuştur.

Şekil 8 incelendiğinde levha taslağının sadece orta tabakasına tek ya da çift kat olmak üzere yerleştirilen palmiye yaprak kınlarının levhanın elastikiyet modülü değerlerini kontrol örneğine kıyasla arttırdığı sonucuna varmak mümkündür. Bu sonucun aynı grup levhaların eğilme direnci değerlerine ait sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 7). Ayrıca ÇP levha örneklerinin diğer levha örneklerinden daha yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerine sahip olması bu kompozit malzeme içerisindeki yaprak kını liflerinin kompozit matrisi içerisindeki düzeni ve yöneliminden kaynaklanıyor olabilir. Nitekim Dinakaran ve ark. (2019), kompozitteki liflerin hacim fraksiyonunun ve uygulanan yüke göre liflerin kompozitteki yönelim düzenlemesinin kompozitin direncini etkileyen iki önemli faktör olduğunu belirtmektedirler.





Şekil 8. Levha örneklerinin elastikiyet modülü değerleri

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, hem kayın liflerinin hem de palmye yaprak kınımnın vasküler iletim demetlerinin yapısındaki liflerin lif karakteristikleri ile ilişkili olabilir. Nitekim yapılan araştırmalarda parçacık boyutu, geometrisi, türü ve bileşiminin biyokompozitin mekanik ve fiziksel özelliklerini etkileyeceği belirtilmektedir (Hashim ve ark., 2011; Sahari ve ark., 2014; Widyarko ve ark., 2021). Ayrıca Wang ve ark. (2014), palmye ağacının vasküler iletim demeti yapısındaki liflerin ana organların destekleyici unsuru olduğunu ve bu nedenle vasküler dokunun yapısının palmyenin mekanik özelliklerini yönettiğini belirtmiştir.

Kayın ve palmye lif karakteristikleri karşılaştırıldığında kayın liflerinin lif uzunluğu, lif çeper kalınlığı gibi özelliklerinin palmye lifinden daha büyük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın sonucunda %100 kayın liflerinden üretilmiş levhaların MOR ve MOE değerlerinin %100 palmye liflerinden üretilmiş levhalarinkinden büyük olduğu belirlenmiştir. Nitekim, Ayrılmış (2002) çalışmasında MDF'nin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde lif uzunluğunun etkisinin önemli olduğunu, özellikle daha fazla bağlanma alanına sahip olan uzun lif kullanımı ile üretilen levhalarda daha iyi fiziksel ve mekanik özellikler sağlandığını belirtmiştir.

Özellikle bu çalışmada orta tabakasında tek ve çift kat yaprak kını yerleştirilmiş levha grubuna ait eğilme ve elastikiyet modülü değerleri, standartta belirtilen değer aralıklarına nispeten yakın olduğu için bu tip levhalar çok yüksek mekanik dayanım gerektirmeyen kullanım yerleri için uygun olabilir. Bununla birlikte %100 palmye liflerinden üretilmiş levhaların eğilme ve elastikiyet modülünün düşük olması, bu levhaların daha kırılğan ve elastik deformasyona karşı dirençsiz olduğunu göstermektedir.

#### 4 Sonuçlar ve Öneriler

- Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre kayın lifleri arasında kullanılan palmye kat sayısı arttıkça üretilen levhaların su alma ve kalınlığına şişme oranları azalmıştır.
- Özellikle levha taslağında orta tabakada kullanılan palmye yaprak kını kat sayısı arttıkça MOR ve MOE değerleri artmıştır.
- Sadece palmye yaprak kını liflerinden üretilen levhaların diğer levha gruplarına göre daha düşük su alma ve kalınlığına şişme oranına, MOR ve MOE değerlerine sahip olduğu bulunmuştur.

- Biyokütlenin etkili ve verimli değerlendirilmesi açısından önemli bir biyomalzeme olan palmye ağacı ve farklı kısımlarının levha sektöründe kullanılmasıyla ilgili daha fazla çalışma yapılması önerilmektedir. Özellikle bu levhalarda, farklı üretim parametrelerinin optimize edilmesiyle yalıtım ve yanma dayanımı gibi teknolojik özellikler de araştırılabilir ve yüksek performanslı kullanım için uygun levhaların üretim potansiyeli değerlendirilebilir.

#### **Yazar Katkıları**

**Derya Ustaömer:** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), Metodolojinin belirlenmesi, Araştırmanın yapılması, Analizlerin yapılması, Veri iyileştirme, Kaynaklar, Denetleme, Doğrulama, Görselleştirme, Makale Taslak oluşturma, Makale Yazma, inceleme ve düzenleme. **Elif Topaloğlu:** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), Metodolojinin belirlenmesi, Araştırmanın yapılması, Analizlerin yapılması, Veri iyileştirme, Kaynaklar, Denetleme, Doğrulama, Görselleştirme, Makale Taslak oluşturma, Makale Yazma, inceleme ve düzenleme. **Murat Öztürk:** Metodolojinin belirlenmesi, Araştırmanın yapılması, Analizlerin yapılması, Denetleme, Doğrulama, Görselleştirme

#### **Finansal destek beyanı**

Finansal destek alınmamıştır.

#### **Çıkar çatışması**

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### **Kaynaklar**

- Abdul Khalil, H. P. S., Siti Alwani, M., Ridzuan, R., Kamarudin, H., & Khairul, A., (2008) Chemical composition, morphological characteristics, and cell wall structure of Malaysian oil palm fibers, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 47(3), 273-280, DOI: [10.1080/0360255070186684](https://doi.org/10.1080/0360255070186684)
- Adzkie, U., Nugroho, N., & Karlinasari, L., (2020). Anatomical feature of royal palm leaf sheath, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 399(1), 012061, DOI: [10.1088/1755-1315/399/1/012061](https://doi.org/10.1088/1755-1315/399/1/012061)
- Akbulut, T., & Ayrılmış, N., (2001). MDF üretiminde dikkate alınması gereken hususlar, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 51(2), 25-42.
- Alhijazi, M., Zeeshan, Q., Safaei, B., Asmael, M., & Qin, Z., (2020). Recent developments in palm fibers composites: A review, *Journal of Polymers and the Environment*, 28, 3029-3054. DOI: [10.1007/s10924-020-01842-4](https://doi.org/10.1007/s10924-020-01842-4)
- Awang, R., Wahab, N. A., Ibrahim, Z., & Aziz, A. A., (2023). Medium density fibreboard (MDF) from oil palm fibre: A review, *Malaysian J Anal Sci*, 27(3), 626-640.
- Ayrılmış, N., (2002). Effect of tree species on some mechanical properties of MDF, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 1(52), 125-146.
- Bekhta, P., (2023). Recent Developments in Eco-Friendly Wood-Based Composites II, *Polymers*, 15(8), 1941. DOI: [10.3390/polym15081941](https://doi.org/10.3390/polym15081941)
- Bozkurt, Y., & Erdin, N., (1989). Odunsu lifler ve tanımı, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 39(4), 1-16.

- Dhakal, H., Bourmaud, A., Berzin, F., Almansour, F., Zhang, Z., Shah, D. U., & Beaugrand, J., (2018). Mechanical properties of leaf sheath date palm fibre waste biomass reinforced polycaprolactone (PCL) biocomposites, *Industrial Crops and Products*, 126, 394-402. DOI: [10.1016/j.indcrop.2018.10.044](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.044)
- Dinakaran, K., Ramesh, H., Joseph, A. D., Murugan, R., & Jothi, S., (2019). Development and characterization of areca fiber reinforced polymer composite, *Materials Today: Proceedings*, 18, 934-940. DOI: [10.1016/j.matpr.2019.06.528](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.528)
- Franklin, G. L., (1945). Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood, *Nature*, 155(3924), 51-51, DOI: [10.1038/155051a0](https://doi.org/10.1038/155051a0)
- Hashim, R., Said, N., Lamaming, J., Baskaran, M., Sulaiman, O., Sato, M., Hiziroglu, S., & Sugimoto, T., (2011). Influence of press temperature on the properties of binderless particleboard made from oil palm trunk, *Materials and Design*, 32(5), 2520-2525. DOI: [10.1016/j.matdes.2011.01.053](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.01.053)
- Hosseinkhani, H., Euring, M. & Kharazipour, A., (2014). Utilization of Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) pruning residues as raw material for MDF manufacturing, *Journal of Materials Science Research*, 4(1), 46-62, DOI: [10.5539/jmsr.v4n1p46](https://doi.org/10.5539/jmsr.v4n1p46)
- Ibrahim, Z., Aziz, A. A., Ramli, R., Mokhtar, A., & Lee, S., (2013). Effect of refining parameters on medium density fibreboard (MDF) properties from oil palm trunk (*Elaeis guineensis*), *Open Journal of Composite Materials*, 3, 127-131. DOI: [10.4236/ojcm.2013.34013](https://doi.org/10.4236/ojcm.2013.34013)
- Ibrahim, Z., Aziz, A. A., Ramli, R., Mokhtar, A., Omar, R., & Lee, S., (2014). Production of medium density fiber board (MDF) from oil palm trunk (OPT), *Journal of Applied Sciences* 14(11), 1174-1179. DOI: [10.3923/jas.2014.1174.1179](https://doi.org/10.3923/jas.2014.1174.1179)
- Jaber, M. A., Hammadi, K. J., Karem, A. A. A., & Abd-Alrazak, M., (2016). Physical and mechanical properties of medium density fiber board made of palm fronds and trunks, *Asian Journal of Applied Sciences*, 4(4).
- Jamaludin, M. A., Razali Bujang, Y. H., Ramli, R., Nordin, K., & Ahmad, M., (2005). Physical and mechanical properties of fibreboards from oil palm fibres and polyethylene, *Science Letters*, 2(1), 43-54.
- Li, J., Zhang, X., Zhu, J., Yu, Y., & Wang, H., (2020). Structural, chemical, and multi-scale mechanical characterization of waste windmill palm fiber (*Trachycarpus fortunei*), *Journal of Wood Science*, 66, 1-9. DOI: [10.1186/s10086-020-1851-z](https://doi.org/10.1186/s10086-020-1851-z)
- Merev, N., (2003). *Odun Anatomisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Genel Yayın No:209, Fakülte Yayın No:31, Trabzon.
- Nuryawan, A., Sutiawan, J., Rahmawaty, Masruchin, N., & Bekhta, P., (2022). Panel products made of oil palm trunk: A review of potency, environmental aspect, and comparison with wood-based composites, *Polymers*, 14(9), 1758. DOI: [10.3390/polym14091758](https://doi.org/10.3390/polym14091758)
- Olotu, P. N., Olotu, I. A., Datok, T., & Famojuro, T. I., (2024). A study on 74 varieties of palm trees used around the world as food and Ornaments, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 13(1), 102-119. DOI: [10.22271/phyto.2024.v13.i1b.14819](https://doi.org/10.22271/phyto.2024.v13.i1b.14819)

- Onuorah, E. O., (2005). Properties of fibreboards made from oil palm (*Elaeis guineensis*) stem and/or mixed tropical hardwood sawmill residues, *Journal of Tropical Forest Science*, 17(4), 497-507.
- Sahari, J., Nuratiqah, M. N., & Rao, M. M., (2014). Developing and prototyping of empty fruit bunch high density board,. *Journal of Advance Research Design*, 3(1), 1-8.
- Selvaraj, J., Pitchai, S. M., Kalyanasundaram, S., Nehru, S. K., & Soundhirarajan, S., (2024). Investigation on mechanical properties of Areca palm leaf stalk fiber and mulberry fiber reinforced composite material, *AIP Conference Proceedings*, 3192(1). DOI:[10.1063/5.0241911](https://doi.org/10.1063/5.0241911).
- Tank, T., ve Akkayan, C., (1987). *Populus tremula* L., (Titrek kavak) odununun lif morfolojisi, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 37(2), 1-22.
- Taghiyari, H. R., Ghamsari, F. A., & Salimifard, E., (2018). Effects of adding nano-wollastonite, date palm prunings and two types of resins on the physical and mechanical properties of medium-density fibreboard (MDF) made from wood fibres, *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 335, 49-57. DOI:[10.19182/bft2018.335.a31517](https://doi.org/10.19182/bft2018.335.a31517)
- TS EN 310 (1999) Wood- Based panels- Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength, Turkish Standards Institution, Ankara
- TS EN 317 (1999) Particleboards and fibreboards - Determination of swelling in thickness after immersion in water, Turkish Standards Institution, Ankara.
- Wang, N., Liu, W., Huang, J., & Ma, K., (2014). The structure–mechanical relationship of palm vascular tissue, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 36, 1-11. DOI:10.1016/j.jmbbm.2014.04.001
- Widyarko, W., Nugroho, N., & Susanto, D., (2021). Natural fiber waste from palm oil tree: An overview of potential usage for Indonesia's affordable house building materials, *Journal of Architectural Research and Design Studies*, 5(1), 23-31, DOI:[10.20885/jars.vol5.iss1.art3](https://doi.org/10.20885/jars.vol5.iss1.art3)
- Zhai, S., Horikawa, Y., Imai, T., & Sugiyama, J., (2013). Anatomical and mechanical characteristics of leaf-sheath fibrovascular bundles in palms, *IAWA Journal*, 34(3), 285-300. DOI: [10.1163/22941932-00000024](https://doi.org/10.1163/22941932-00000024)