

# MOBİLYA ve AHŞAP MALZEME ARAŞTIRMALARI DERGİSİ



—MAMAD—



2021 - 4(1), 1-102



# FURNITURE and WOODEN MATERIAL RESEARCH JOURNAL



—FURMAJ—





## **BAŞ EDİTÖR ve İMTİYAZ SAHİBİ**

**Prof. Dr. Bekir Cihad BAL**, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye

## **EDİTÖR KURULU**

**Doç. Dr. Murat ÖZALP**, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

**Doç. Dr. Alperen KAYMAKÇI** Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Nasır NARLIOĞLU**, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye

## **DANIŞMA KURULU**

**Prof. Dr. Abdülkadir MALKOÇOĞLU**, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

**Prof. Dr. Ahmet KURTOĞLU**, Doğu Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

**Prof. Dr. Bruno ESTEVES**, Polytechnic Institute of Viseu, Portugal

**Prof. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ**, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

**Prof. Dr. Jerzy SMARDZEWSKI**, Poznań University of Life Sciences, Poznan, Poland

**Prof. Dr. Marko PETRIC**, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

**Prof. Dr. Pedro Henrique Gonzalez de CADEMARTORI**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brazil

**Prof. Dr. Tuncer DİLİK**, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye

**Prof. Dr. Vasil JIVKOV**, University of Forestry, Sofia, Bulgaria

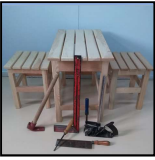
**Doç. Dr. Milan GAFF**, Czech University of Life Sciences Prague, Prague, Czech Republic

**Doç. Dr. Sait Dünder SOFUOĞLU**, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

**Doç. Dr. Önder TOR**, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Agnieszka JANKOWSKA**, Warsaw University of Life Sciences - SGGW, Warsaw, Poland

**Dr. Öğr. Üyesi Füsün CURAOĞLU**, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye



## İÇİNDEKİLER

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ - RESEARCH ARTICLES

- Sibirya'da iç ve dış mekânlarda kullanılan Sibirya çamı odununun yüzey pürüzlülüğü parametreleri ve shore D sertlik değeri üzerine ısı işlemin etkisi**  
*The effect of heat treatment on the surface roughness parameters and shore D hardness of Siberian pine wood used indoors and outdoors in Siberia*  
Ümit Ayata 1-8
- Gürgen (Carpinus betulus L.) odunu zımpara tozunun termoplastik kompozit üretiminde değerlendirilmesi**  
*Evaluation of hornbeam (Carpinus betulus L.) wood sanding dust in thermoplastic composite production*  
Nasır Narlıoğlu 9-18
- Kurtbağrı (Ligustrum lucidum) odununun bazı mekanik özelliklerinin araştırılması ve diğer bazı ağaç türleri ile karşılaştırılması**  
*Investigation of some mechanical properties of privet (Ligustrum lucidum) wood and comparison with some other tree species*  
Vedat Çavuş 19-29
- Kavak odununun bazı fiziksel özellikleri üzerine vakum atmosferinde uygulanan ısı işlemin etkisi**  
*The effect of heat treatment in vacuum atmosphere on some physical properties of poplar wood*  
Bekir Cihad Bal, Murat Kılavuz 30-39
- İç mekânda kullanılan UV sistem parke verniği uygulanmış kayısı odununda yapay yaşlandırma performansının belirlenmesi**  
*Determination of the artificial aging performance of the apricot wood applied with UV system parquet varnish used indoors*  
Ümit Ayata, Nevzat Çakıcıer, Levent Gürleyen 40-50
- Eyong, jequtiba ve koto ağaç türlerinde renk, parlaklık ve shore D sertlik değerleri üzerine ısı işlemin etkisi**  
*Effect of heat treatment on color, glossiness and shore D hardness values of eyong, jequtiba and koto wood species*  
Mutlu Türk 51-60
- Zaman etüdü ve ahşap kent mobilyasında bir uygulama örneği**  
*Time study and an example of application in wood urban furniture*  
Halil Erdem Yücel, Tuncer Dilik 61-68
- Yerli ve yabancı ağaç türlerinin bazı teknolojik özellikleri üzerine deniz suyunun etkisinin araştırılması**  
*Investigation of the effect of sea water on some technological properties of domestic and foreign tree species*  
İsmail Güneş, Murat Özalp 69-78

### DERLEME MAKALELER - REVIEW ARTICLES

- Mobilya endüstrisinde kullanılan kapak konstrüksiyonları üzerine incelemeler**  
*Examinations on cover constructions used in furniture industry*  
Mehmet Dağlı, Tuncer Dilik, Ahmet Kurtoğlu 79-90
- Ağaç malzemenin sıkıştırılarak yoğunlaştırılması konusunda yapılan çalışmalar**  
*Studies of densification of wood material by compression*  
Mustafa Tosun, Said Dündar Sofuoğlu 91-102



### Sibirya’da iç ve dış mekânlarda kullanılan Sibirya çamı odununun yüzey pürüzlülüğü parametreleri ve shore D sertlik değeri üzerine ısıtılmanın etkisi

Ümit Ayata 

#### Öz

Sibirya çamının Sibirya’da yetiştiği ve odununun hafif, yumuşak, iyi işlenebilen özelliği, düzgünlüğü ve güzel doku yapısı ile kalem yapımında, inşaat alanlarında, ev yapımında, müzik aletleri yapımında, mobilya alanında ve çeşitli el sanatlarının yapımında kullanıldığı bilinmektedir. Bu çalışmada, 212°C’de 2 saat sürede ısıtılma işlemi (ThermoWood) uygulanmış ve uygulanmamış Sibirya çamı (*Pinus sibirica*) odununda hazırlanmış olan örnekler üzerinde farklı zımparalar (80, 100, 120, 150, 180 ve 220 numaralı) uygulandıktan sonra yüzey pürüzlülüğüne ait parametreleri ( $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_q$ ) ve shore D sertlik değerleri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, pürüzlülük parametreleri ve shore D sertlik değerleri ısıtılma işlemi ile azalmıştır. Isıtılma işlemi sonrası shore D sertlik değerinde %20.43’lük,  $R_a$  parametrelerinde 80 numarada %22.16’lık, 100 numarada %26.25’lik, 120 numarada %36.42’lik, 150 numarada %35.71’lik, 180 numarada %36.38’lik ve 220 numarada %50.88’lik oranlarda azalmalar meydana gelmiştir. Buna ek olarak, zımpara numarasının artması ile pürüzlülük değerlerinin de azaldığı, yüzey kalitesinde artış olduğu ve iyi sonuçlara ulaşıldığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sibirya çamı, *Pinus sibirica*, shore D sertlik, yüzey pürüzlülüğü, ısıtılma işlemi

### The effect of heat treatment on the surface roughness parameters and shore D hardness of Siberian pine wood used indoors and outdoors in Siberia

#### Abstract

It is known that Siberian pine grows in Siberia and its wood is used in pencil making, construction sites, house construction, musical instruments, furniture and various handicrafts with its light, soft, well-workable feature, smoothness and beautiful texture. In this study, the parameters ( $R_a$ ,  $R_z$  and  $R_q$ ) of surface roughness and shore D hardness values were investigated after applying different abrasives (80, 100, 120, 150, 180 and 220 of number of sand) were applied on samples prepared from Siberian pine (*Pinus sibirica*) wood that was heat-treated (ThermoWood) at 212°C for 2 hours and untreated. According to the results of the research, the roughness parameters and shore D hardness values decreased by heat treatment. After heat treatment, there was a decrease of 20.43% in shore D hardness value, 22.16% in  $R_a$  parameters in 80 number, 26.25% in 100 number, 36.42% in 120 number, 35.71% in 150 number, 36.38% in 180 number and 50.88% in 220 number. In addition, it had been observed that with the increase of the sanding number, the roughness values decreased, there was a change in the surface quality and good results were determined.

**Keywords:** Siberian pine, *Pinus sibirica*, shore D hardness, surface roughness, heat treatment

## 1 Giriş

Batı ve Doğu Sibirya'da yetişen Sibirya çamı (*Pinus sibirica*) (Rogachev ve Salakhutdinov, 2015), Pinaceae familyası ve Strobilus alt cinsine ait (Shikov ve ark., 2004) tek evcikli olup, rüzgarla tozlanan (Kuznetsova, 2007, Zhuk ve Goroshkevich, 2012) bir türdür. 35 - 40 m boya ulaşabilen ve tam olgunlaştığında 1.8 m'ye kadar gövde çapına sahip, yaprak dökmeyen bir ağaç türüdür. Ağırlıklı olarak Sibirya, Urallar ve Avrupa'nın kuzey bölgelerinde yetişmektedir. Sibirya çam kozalakları yaklaşık 5 - 9 cm uzunluğunda iken, tohumlar 9 - 12 cm uzunluğa kadar büyüyebilir (Shikov ve ark., 2004). İlk çağlardan beri, yumuşak odun yapısı ve yemişlerinin faydalı besleyici özellikleri sebebiyle çok değerli olmuştur. Sibirya çamının değeri, endüstriyel teknolojiler geliştirildikçe daha da artmıştır. Çünkü bu ağaç, terebentin ve kolofoniye yol açmak için işlenen mükemmel bir oleoresin kaynağı olmaktadır (Rogachev ve Salakhutdinov, 2015).

Odunu hafif, yumuşak, iyi işlenebilen özelliği, düzgünlüğü ve güzel dokusu ile değerlidir. Ahşabı kalem yapımında ev yapımında, mobilya alanında, müzik aletleri ve çeşitli el sanatlarının yapımında (Matveeva ve ark., 2003), inşaat alanlarında (Wang, 2011) kullanılmaktadır. Bu ağacın tüm ağaç kısımları (ağaç kabuğu, iğneler, odunu ve fındık) halk hekimliğinde kullanılmaktadır. Fındığı yağı bakteriostatik ve yara iyileştirici etkilere sahiptir. Ezilmiş fındığından yapılan alkollü tentür, tıpta eklem romatizmasının tedavisinde kullanılmıştır. Günümüzde bazı ilaçların hazırlanmasında fındığı hammadde olarak kullanılmaktadır (Shikov ve ark., 2004). Ağacın besleyici tohumları ise kuru meyve ve yağda yaygın olarak kullanılmaktadır (Wang, 2011).

Bu ağaç türünde, yıllık halka genişliği 2.20 mm (Sarkhad ve ark., 2020), sel üloz %47.60, pentozan %7.09, lignin %27.27, alkol benzende çözünürlük %5.80, sıcak su çözünürlüğü %4.30, kül miktarı %0.14 (Khutorschikov, 1960), boyuna yönde daralma %0.34, radyal yönde daralma %3.40, teğet yönde daralma %5.60, hacimsel daralma %8.20 (Jankowska ve ark., 2017), eğilme direnci 85.31 N/mm<sup>2</sup>, liflere paralel çekme direnci 43.81 N/mm<sup>2</sup>, liflere paralel basınç direnci 47.64 N/mm<sup>2</sup> (Demirci ve ark., 2016), elastikiyet modülü 6400.00 N/mm<sup>2</sup>, enine kesitte janka sertlik 23.00 N/mm<sup>2</sup> (Jankowska ve ark., 2017), *Coniophora puteana* mantarına karşı ağırlık kayıpları %19.81 (Kartal 2019) ve %7.62 (Jankowska ve ark., 2017), radyal yönde ısı iletkenlik değeri 0.124 W/mK, teğet yönde ısı iletkenlik değeri 0.131 W/mK ve enine yönde ısı iletkenlik değeri 0.160 W/mK (Jankowska ve ark., 2013) olarak belirlenmiştir.

Bu bilgiler ışığında bu ağaç türüne ait yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin ve shore D sertlik değerinin araştırılmadığı literatürde görülmektedir.

Bu çalışmada, ısı işlem (ThermoWood) görmüş ve görmemiş Sibirya çamından hazırlanan örnekler üzerinde farklı numaralı zımparalar uygulandıktan sonra yüzey pürüzlülüğüne ait parametrelerden  $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_q$  değerleri ve shore D sertlik değerleri araştırılmıştır. Literatürde bu ağaç türüne ısı işlem uygulaması sonrasında yüzey pürüzlülüğü çalışmasının yapıldığı görülmemiştir. Elde edilen sonuçların bu ağaç türüne ait literatüre önemli bilgiler sunacağı düşünülmektedir.

## 2 Materyal

### 2.1 Ahşap Malzemenin Temin Edilmesi

Sibirya çamı (*Pinus sibirica*) odunu Düzce'de faaliyet gösteren Arın Orman Ürünleri'nden temin edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için deney örnekleri 100 × 10 × 2 cm boyutlarında 6'şar adet olacak şekilde alınmış, daha sonra bu örnekler ISO 554 (1976) standardına göre iklimlendirme işlemleri yapılmıştır.

## 2.2 Metot

### 2.2.1 Isıl İşlem Uygulaması

Isıl işlem uygulaması Bolu Gerede Organize Sanayi Bölgesi'nde (Bolu) bulunan Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nde bilgisayar destekli fırınlarda 212 °C'de 2 saat süre olacak şekilde yapılmıştır. ThermoWood metoduna göre ısıl işlem uygulaması ThermoWood kitabında anlatıldığı metot ile uygulanmıştır (Anonim, 2003).

### 2.2.2 Zımparalama İşlemi

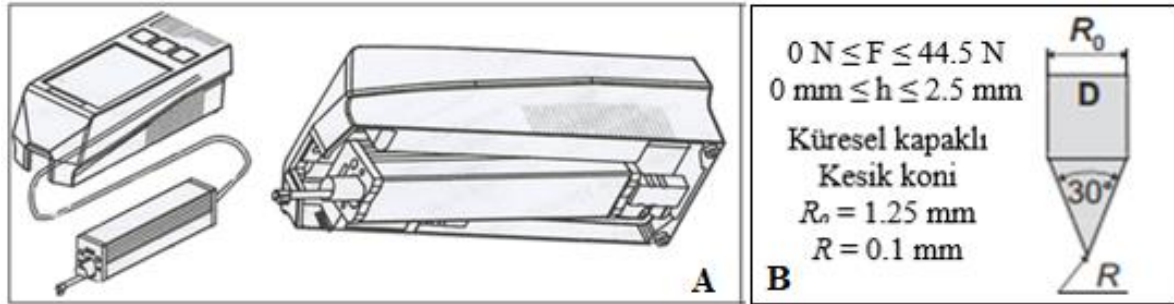
10 x 10 x 2 cm boyutlarında hazırlanmış olan ısıl işlem görmüş ve görmemiş deney örneklerine ait yüzeylerine 80, 100, 120, 150, 180 ve 220 numaralı zımparalar uygulanmıştır.

### 2.2.3 Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi

Farklı zımparalar uygulanmış deney örneklerine ait yüzey pürüzlülüğü ölçümleri ISO 16610-21, (2011) standardına göre, JD - 520 model pürüzlülük test cihazında (Beijing Jitai Tech Detection Device Co., Ltd., Çin) yapılmıştır. Ölçüm işlemi teğet yüzeylerden liflere dik yönde olacak şekilde örnek uzunluğu 2.5 mm ve örnek uzunluk sayısı (cut-off) 5 olacak şekilde yapılmıştır. Örnekler üzerinden 10'ar ölçüm yapılmıştır.  $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_q$  parametreleri belirlenmiştir.

### 2.2.4 Shore D Sertlik Değerinin Belirlenmesi

Sibirya çamı odununun shore D sertlik değeri (Stand: model Ld-J Loyka ve Durometer: Shenzhen Yibai Network Technology Co., Ltd., Çin) 5 kg'lık yük uygulamalı olacak şekilde ASTM D 2240 (2010)'a göre 10 ölçüm alınarak yapılmıştır.



Şekil 1. Yüzey pürüzlülüğü cihazı (JD - 520 model) (A) ve shore D sertlik cihazı (B)

### 2.2.5 İstatistiksel Analiz

Bir SPSS programında varyans analizleri, homojenlik grupları, minimum ve maksimum değerleri, standart sapmaları, ortalamaları ve varyasyon katsayıları hesaplanmıştır.

## 3 Bulgular ve Tartışmalar

Isıl işlem görmüş ve görmemiş Sibirya çamı odununa ait yüzey pürüzlülüğü değerleri ve shore D sertlik değerleri için varyans analizi sonuçları ve SPSS sonuçları hesaplanmış olup elde edilen bu sonuçlar sırası ile Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1'e göre, yüzey pürüzlülüğü parametreleri için faktör ısıl işlem (A), faktör zımpara (B) ve bu faktörlerin etkileşiminin (AB) anlamlı olarak elde edildikleri görülmektedir. Buna ek olarak, shore D sertlik değeri için ısıl işlem faktörü de anlamlı olarak elde edilmiştir.

**Çizelge 1.** Yüzey pürüzlülüğü ve shore D sertlik değeri için varyans analizi sonuçları

Test	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
$R_a$	İşlem (A)	114.350	1	114.350	2177.528	0.000*
	Zımpara (B)	335.020	5	67.004	1275.934	0.000*
	Etkileşim (AB)	1.975	5	0.395	7.520	0.000*
	Hata	5.671	108	0.053		
	Toplam	3533.467	120			
$R_q$	İşlem (A)	168.450	1	168.450	1395.198	0.000*
	Zımpara (B)	491.413	5	98.283	814.031	0.000*
	Etkileşim (AB)	3.017	5	0.603	4.998	0.000*
	Hata	13.039	108	0.121		
	Toplam	5663.732	120			
$R_z$	İşlem (A)	3851.044	1	3851.044	368.393	0.000*
	Zımpara (B)	10375.092	5	2075.018	198.497	0.000*
	Etkileşim (AB)	213.697	5	42.739	4.088	0.002*
	Hata	1128.993	108	10.454		
	Toplam	171575.783	120			
Shore D	Isıl işlem	288.800	1	288.800	96.267	0.000*
	Hata	54.000	18	3.000		
	Toplam	22654.000	20			

\*: Anlamlı

Çizelge 2'ye göre, zımpara numarasının artması ile pürüzlülük değerlerinin azaldığı görülmektedir. Literatürde zımpara üzerine yapılan araştırmalarda benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir (Çamlıbel ve Ayata, 2020, Hızıroğlu ve ark., 2014, Söğütü ve ark., 2016, Leite ve ark., 2019, Palermo ve ark., 2014, Ayata, 2020). Bunun sebebi olarak ahşap malzeme yüzeyinin aşındırarak işlem yapan zımparanın sahip olduğu tanecik sayısının fazla olması ile tanecik başına düşen iş miktarının azalması ve bu taneciklerin, işlem esnasında yüzeyde oluşturduğu vadilerin ölçüsünde etkili olmasından dolayı kaynaklanabileceği şeklinde ifade edilmiştir (Söğütü 2005). Isıl işlemden sonra  $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_q$  parametrelerine ait sonuçların azaldığı görülmektedir. En yüksek  $R_a$  ve  $R_z$  80 numaralı zımpara ile zımparalanmış deney örneklerinde elde edilirken, bunu 100, 120, 150, 180 ve 220 numaralı zımparalar takip etmiştir (Çizelge 2). Çalışma sonuçları ısıl işlemlili ahşap çalışmalarına sahip önceki çalışmalarla uyumluluk göstermiştir (Karlınasari ve ark., 2018; Salca ve Hızıroğlu, 2014; Priada ve Hızıroğlu, 2013; Palermo ve ark., 2014; Aytin, 2013; Ayata ve ark., 2018; Kasemsiri ve ark., 2012).

Karlınasari ve ark., (2018) araştırmalarında, sengon, jabon ve akasya ahşap numuneler üzerinde yapılan yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına göre, 120°C, 150°C ve 180°C'de sıcaklıklarda 2 ve 6 saat süre ile yapılan ısıl işlem uygulamalarından sonra  $R_a$  parametrelerinin azaldığını belirlemişlerdir. Ayata ve ark., (2018) çalışmalarında; ThermoWood® metoduna göre 212°C'de 1 saat ve 2 saat süreyle ısıl işlem görmüş kayın, sarıçam ve meşe örnekleri için uygulanmış 180 kumluk kalibre zımparalama işleminden sonra ısıl işlem süresinin artması ile  $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_q$  parametrelerinin azaldığını rapor etmişlerdir. Aytin (2013) araştırmasında, ısıl işlemlili ve işlemlisiz yabancı kiraz odunu için yapılan yüzey pürüzlülüğü testlerinden sonra, uygulanan ısıl işlemde sıcaklık ve sürenin artması ile  $R_a$  parametresinin azaldığını bildirmiştir. Per çin ve ark., (2016) tarafından ısıl işlemlisiz (kontrol) ve ısıl işlemlili (150°C, 170°C, 190°C ve 210°C'lerde 2, 5 ve 8 saat sürelerinden oluşan ısıl işlemi varyasyonlar) meşe odununa ait deney örnekleri üzerinde belirlemiş olan yüzey pürüzlülüğü  $R_a$  parametresinin ısıl işlem tarafından azaldığını rapor etmişlerdir. Priada ve Hızıroğlu (2013) çalışmalarında ısıl işlemlili ve işlemlisiz güney kırmızı meşesi, mahogany ve loblolly çamı odunlarına ait deney örnekleri üzerinde yapılan yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına göre, 130°C ve 220°C'de sıcaklıklarda 2 ve 8 saat süre ile yapılan ısıl işlem uygulamalarından sonra  $R_a$  ve  $R_z$  parametrelerinin azaldığını söylemişlerdir.

Salca ve Hızıroğlu (2014) çalışmalarında ısıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış güney kırmızı meşesi, adi kızılağaç, loblolly çamı ve lale ağacı odunlarına ait deney örneklerinde belirlenmiş olan yüzey pürüzlülüğü verilerine göre, 120°C ve 190°C'ye sahip sıcaklıklarda 3 ve 6 saat süre ile yapılan ısıl işlemlerden sonra  $R_a$  ve  $R_z$  parametrelerinin azaldığını bildirmişlerdir. Kasemsiri ve ark., (2012) tarafından kurşun kalem ardıcı odunu için 120°C, 160°C ve 190°C'de sıcaklıklarda 2 ve 8 saat süreye sahip varyasyonlardan oluşan ısıl işlem uygulamalarından sonra  $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_{max}$  parametrelerinin azaldığı bildirilmiştir.

**Çizelge 2.** Yüzey pürüzlülüğü parametrelerine ve shore D sertliğine ait sonuçlar

Test	Zımpara Numarası	İşlem	Ölçüm Sayısı	Ortalama	Isıl İşlem Sonrası Azalış (%)	Standart Sapma	Homojenlik Grubu	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı	
Yüzey Pürüzlülüğü Parametresi $R_a$	80	Kontrol	10	8.490	22.16	0.17	A*	8.110	8.786	2.00	
		Isıl işlemli	10	6.609		0.24	C	6.080	6.967	3.66	
	100	Kontrol	10	7.641	26.25	0.22	B	7.379	8.009	2.84	
		Isıl işlemli	10	5.635		0.37	D	5.147	6.176	6.52	
	120	Kontrol	10	6.685	36.42	0.29	C	6.136	7.001	4.31	
		Isıl işlemli	10	4.251		0.17	F	4.037	4.594	4.07	
	150	Kontrol	10	5.360	35.71	0.18	E	5.007	5.578	3.34	
		Isıl işlemli	10	3.446		0.19	H	3.228	3.771	5.49	
	180	Kontrol	10	4.298	36.38	0.23	F	4.106	4.698	5.37	
		Isıl işlemli	10	2.734		0.20	I	2.340	3.009	7.48	
	220	Kontrol	10	3.763	50.88	0.24	G	3.364	4.065	6.35	
		Isıl işlemli	10	1.848		0.17	J**	1.497	2.042	9.10	
	Yüzey Pürüzlülüğü Parametresi $R_q$	80	Kontrol	10	10.417	20.59	0.18	A*	10.068	10.803	1.72
			Isıl işlemli	10	8.272		0.33	C	7.661	8.708	3.96
100		Kontrol	10	9.700	24.27	0.33	B	9.148	10.106	3.38	
		Isıl işlemli	10	7.346		0.65	D	6.591	8.476	8.90	
120		Kontrol	10	8.367	34.93	0.35	C	7.678	8.704	4.13	
		Isıl işlemli	10	5.444		0.32	F	5.056	5.867	5.86	
150		Kontrol	10	6.871	34.71	0.28	E	6.337	7.162	4.01	
		Isıl işlemli	10	4.486		0.23	H	4.166	4.843	5.17	
180		Kontrol	10	5.370	35.28	0.30	FG	5.140	5.874	5.66	
		Isıl işlemli	10	3.476		0.29	I	2.943	3.887	8.40	
220		Kontrol	10	5.065	49.66	0.36	G	4.404	5.539	7.19	
		Isıl işlemli	10	2.550		0.34	J**	2.014	3.011	13.19	
Yüzey Pürüzlülüğü Parametresi $R_z$		80	Kontrol	10	53.080	14.27	1.90	A*	51.221	57.603	3.58
			Isıl işlemli	10	45.503		4.31	B	39.509	53.650	9.47
	100	Kontrol	10	50.736	20.66	1.08	A	48.684	52.738	2.12	
		Isıl işlemli	10	40.256		5.52	C	34.345	48.095	13.72	
	120	Kontrol	10	44.319	27.32	2.56	B	41.995	48.504	5.77	
		Isıl işlemli	10	32.210		4.26	D	27.843	39.713	13.22	
	150	Kontrol	10	40.159	35.20	2.68	C	36.044	44.463	6.69	
		Isıl işlemli	10	26.023		1.99	E	23.764	29.732	7.64	
	180	Kontrol	10	30.051	29.16	2.20	D	27.460	34.124	7.32	
		Isıl işlemli	10	21.288		3.12	F	17.216	26.509	14.64	
	220	Kontrol	10	31.985	46.63	3.62	D	26.925	35.934	11.31	
		Isıl işlemli	10	17.069		2.86	G	13.138	20.877	16.76	
	Shore D Sertlik	Kontrol	10	37.20	20.43	1.32	A*	36.00	39.00	3.55	
		Isıl işlemli	10	29.60		2.07	B**	28.00	35.00	6.99	

\*: En yüksek değeri ifade etmektedir, \*\*: En düşük değeri ifade etmektedir.

Çizelge 2'de verilen shore D sertlik değeri sonuçlarına göre ısıl işlemiz örnekte 37.20 iken ısıl işlemli örnekte 29.60 olduğu, buna göre %27.68'lik bir azalma görülmektedir. Isıl işlemden sonra sertlik değerinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Esteves ve ark., (2021) tarafından yapılan araştırmada da ısıl işlem sonrası shore D sertlik değerinin azaldığı bildirilmiştir. Literatürde ahşap malzemedeki mukavemet özelliklerindeki azalmaların, ısıl işlemlerden sonra ısıl bozulma oranı ve madde kayıpları ile ilişkili olduğu, mukavemetteki



azalma temel olarak ahşap polimerlerinin depolimerizasyon reaksiyonlarından kaynaklandığı (Kotilainen, 2000), performans kaybının nedenleri arasında ısıya karşı selüloz ve ligninden daha az kararlı olan hemiselülozların bozulmasının olduğu ve hemiselülozlardaki değişikliklerin, yüksek sıcaklıklarda ısıtılan ahşabın mukavemet özellikleri üzerinde önemli bir rol oynadığı (Hillis, 2005) şeklinde bildirilmiştir. Literatürde sertliğin ağaçtan ağaca büyük farklar gösterdiği şeklinde ifade edilmiştir (Şanıvar ve Zorlu, 1980). Sertlik, bir yüzeyin çökmesini, çizilmesini veya kesilmesini zorlaştıran özelliktir. Genel olarak, ahşap ne kadar sert olursa, aşınmaya o kadar iyi direnir, yükler altında o kadar az ezilir ve daha iyi cilalanabilmektedir. Öte yandan, daha sert olan ahşabın aletlerle kesilmesi daha zordur, çivilenmesi daha zordur ve çivileme sırasında yarılma olasılığı daha yüksektir. Sertlik, döşeme, mobilya ve alet saplarında özellikle önemli olmaktadır (Anderson, 1967).

#### **4 Sonuçlar ve Öneriler**

Bu çalışmada, yapılan denemeler sonunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Bütün testler için varyans analizleri anlamlı olarak elde edilmiştir.
- Isıl işlem ile shore D sertlik ve yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin ( $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_q$ ) azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.
- Zımpara numarasının 80'den 220'ye çıkması ile yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin ( $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_q$ ) azaldığı görülmüş olup, yüzey kalitesinde iyileşme elde edilmiştir.
- Isıl işlemden sonra; shore D sertlik değerinde %20.43,  $R_a$  parametrelerinde 80 numarada %22.16, 100 numarada %26.25, 120 numarada %36.42, 150 numarada %35.71, 180 numarada %36.38 ve 220 numarada %50.88 olarak azalmaların meydana geldiği belirlenmiştir.

Bu ağaç türüne ait mobilya ve iç mekan tasarımı üzerine alanlarında önemli sonuçların elde edilmesi için Sibiryaya odunu ahşabında çeşitli üst yüzey işlemlerinin (vernik, UV sistem vernik, boya, vb.) uygulanması ve elde edilecek olan malzemeler üzerinde doğal ve yapay (UV-A,B,C veya Xenon gibi lambalarına karşı) yaşlandırma işlemlerinin uygulanması ve gerekli yüzey testlerinin (renk, salınımsal sertlik, yüzeye yapışma direnci, parlaklık, çizilme, vb.) yapılması önerilmektedir.

#### **Teşekkür**

Yazar ahşap malzemelerin temini için Arın Orman Ürünleri'ne (Düzce) ve ısıl işlem uygulamaları için NOVA ThermoWood Fabrikasına (Bolu-Gerede) teşekkür etmektedir.

#### **Kaynaklar**

Anderson, L.O., (1967), Selection and Use of Wood Products for Home and Farm Buildings, Agricultural Information Bulletin No. 311, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

Anonim, (2003), ThermoWood® Handbook, Finnish ThermoWood Association, Helsinki, Finland.

ASTM D 2240, (2010), Standard test method for rubber property-durometer hardness, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, United States.

- Ayata, U., Gurleyen, T., Gurleyen, L., Cakicier, N., (2018), Determination of surface roughness parameters of heat-treated and untreated scotch pine, oak and beech woods, *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 1(1), 46-50. DOI: 10.33725/mamad.433945
- Aytin, A., (2013), Yabani kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Düzce.
- Ayata, Ü., (2020), Ayous odununun bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi ve ısı işlemden sonra renk ve parlaklık özellikleri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 22-33. DOI: 10.33725/mamad.724596.
- Çamlıbel, O., Ayata, Ü., (2020), Monkey pod odununda yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin ve shore-D sertlik değerinin belirlenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 93-100. DOI: 10.33725/mamad.827211.
- Demirci, S., Acar, M., Balıkcı, E., Diler, H., Erdil, Y.Z., (2016), Comparison of some physical and mechanical properties of various heat-treated and untreated wood, IFC2016 International Furniture Congress, 13-15 October 2016, Turkey, 121-127.
- Esteves, B., Şahin, S., Ayata, Ü., Domingos, I., Ferreira, J., Gurleyen, L., (2021), The effect of heat treatment on shore D hardness of some wood species, *Bioresources*, 16(1), 1482-1495. DOI: 10.15376/biores.16.1.1482-1495.
- Hillis, W.E., (1984), High temperature and chemical effects on wood stability, *Wood Science and Technology*, 18, 281-293.
- Hiziroglu, S., Zhong, Z.W., Ong, W.K., (2014), Evaluating of bonding strength of pine, oak and nyatoh wood species related to their surface roughness, *Measurement*, 49, 397-400. DOI: 10.1016/j.measurement.2013.11.053.
- ISO 554, (1976), Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- ISO 16610-21, (2011), Geometrical Product Specifications (GPS) - Filtration - Part 21: Linear Profile Filters: Gaussian Filters, Standard.
- Jankowska, A., Wójcik, A., Jencyk-Tołłoczko, I., (2013), Determination of thermal properties of wood of *Pinus sibirica* Du Tour, *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW Forestry and Wood Technology*, No. 82/2013.
- Jankowska, A., Anders, B., Mastyna, B., (2017), Characteristic technical properties of Siberian yellow pine (*Pinus sibirica* Du Tour.) wood, *Sylwan*, 161(9), 756-762.
- Karlinasari, L., Lestari, A.T., Priadi, T., (2018), Evaluation of surface roughness and wettability of heat-treated, fast-growing tropical wood species sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) I.C. Nielsen), jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq), and acacia (*Acacia mangium* Willd.), *International Wood Products Journal*, 9(3), 142-148. DOI: 10.1080/20426445.2018.1516918.
- Kartal, Z.N., (2019), Borik asit ve polikaprolakton modifikasyonunun ahşabın biyolojik dayanım ve boyut stabilizasyonu ile bor yıkanmasına etkisi, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Kasemsiri, P., Hiziroglu, Rimdusit, S., (2012), Characterization of heat treated eastern redcedar (*Juniperus virginiana* L.), *Journal of Materials Processing Technology*, 212(6), 1324-1330. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2011.12.019.

- Khutorshchikov, I.S., (1960), Bumazhnaya Promyshlennost, (1): 15.
- Kotilainen, R., (2000), Chemical Kotilainen R. Chemical changes in wood during heating at 150-260, 1C. PhD thesis, Jyva "skylä" University. Research report 80, Finland.
- Kuznetsova, G.V., (2007), The variation among clima types of Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) in the south of Krasnoyarskiy kray, *Khvoynyye borealnoy zony*, 24(4-5), 423.
- Leite, S.S., Jesus, G.M.K., Alves, M.C.S., Valarelli, I.D., Bueno, M.A.P., Christiane, F., Magorbo, R.D., Alexandre Moizes, F.A., Salvadeo, V.M., (2019), Analysis of the parameters affecting the surface sanding of *Pinus elliottii* and *Corymbia citriodora* wood species, *BioResources*, 14(2), 2773-2783. DOI: 10.15376/biores.14.2.2773-2783.
- Matveeva, R.N., Butorova, O.F., Bratilova, N.P., (2003), Useful properties and methods of reproduction of *Pinus sibirica* (Krasnoyarsk: SibGTU) p 154.
- Palermo, G.P.M., Latorraca, J.V.F., Moura, L.F., Nolasco, A.M., Carvalho, A.M., Garcia, R.A., (2014), Surface roughness of heat treated *Eucalyptus grandis* wood, *Maderas. Ciencia y tecnolog ía*, 16(1), 3-12: DOI: 10.4067/S0718-221X2014005000001.
- Perçin, O., Uzun, O., Saçlı, C., (2016), Determination of the some physical properties and surface roughness of heat-treated oak (*Quercus petraea* L.) wood, IFC2016 International Furniture Congress 13-15 October 2016, 359-363.
- Priadi, T., Hiziroglu, S., (2013), Characterization of heat-treated wood species, *Materials and Design*, 49: 575-582. DOI: 10.1016/j.matdes.2012.12.067.
- Rogachev, A.D., Salakhutdinov, N.F., (2015), Chemical composition of *Pinus sibirica* (Pinaceae), *Chemistry & Biodiversity*, 12: 1-53.
- Salca, E.A., Hiziroglu, S., (2014), Evaluation of hardness and surface quality of different wood species as function of heat treatment, *Materials and Design*, 62: 416-423. DOI: 10.1016/j.matdes.2014.05.029.
- Sarkhad, M., Ishiguri, F., Nezu, I., Tumenjargal, B., Takahashi, Y., Baasan, B., Chultem, G., Ohshima, J., Yokota, S., (2020), Preliminary evaluation for quality of dimension lumber in four common softwoods in Mongolia, *Journal of Wood Science*, 66: 72. DOI: 10.1186/s10086-020-01919-7.
- Shikov, A.N., Makarov, V.G., Ryzhenkov, V.E., (2004), Plant fixed oils and oil extracts: technology, standardization, properties, Russian Doctor, Moscow.
- Söğütlü, C., (2005), Bazı faktörlerin zımparalanma ağaç malzeme yüzey pürüzlülüğüne etkisi, *Politeknik Dergisi*, 8(4), 345-350.
- Söğütlü, C., Nzokou, P., Koc, I., Tutgun, R., Döngel, N., (2016), The effects of surface roughness on varnish adhesion strength of wood materials, *Journal of Coatings Technology and Research*, 13(5), 863-870. DOI: 10.1007/s11998-016-9805-5.
- Şanıvar, N., Zorlu, İ., (1980), Ağaçşleri Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Mesleki Ve Teknik Öğretim Kitapları, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, Etüd ve Programlama Dairesi Yayınları No: 43, 472 sayfa.
- Wang, C., (2011), Study on the introduction and seed origin experiment of *Pinus sibirica*, Thesis for M.S., Northeast Forestry University, Supervisor: Jiang J., p. 1-7.
- Zhuk, E.A., Goroshkevich, S.N., (2012), Factors of intraspecies variation of Siberian stone pine in latitudinal and altitudinal transects, *Khvoynyye Borealnoy Zony*, 27(3-4), 61-66.



### Gürgen (*Carpinus betulus* L.) odunu zımpara tozunun termoplastik kompozit üretiminde değerlendirilmesi

Nasır Narlıoğlu\* 

#### Öz

Bu çalışmada, gürgen (*Carpinus betulus* L.) odunu zımpara tozu ile yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), çift burgulu ekstruderde karıştırıldıktan sonra kompozit malzemeler elde edilmiştir. Elde edilen kompozitlerin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme, eğilme ve sertlik direnci testleri yapılmıştır. Bunlara ek olarak, kompozitlerin termal özelliklerini belirlemek için Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) analizleri ve Limit Oksijen İndeksi (LOI) testleri yapılmıştır. Mekanik test sonuçlarına göre çekme direnci değeri en yüksek kompozit örneği %20 zımpara tozu ilaveli örnekte 27.92 MPa belirlenmiştir. Ayrıca en düşük çekme direnci değeri, %5 zımpara tozu ilaveli kompozit örneğinde 26.17 MPa olarak belirlenmiştir. Eğilme direnci testi sonuçlarına göre en yüksek eğilme direnci değeri, %20 zımpara tozu ilaveli kompozit örneğinde, 40.72 MPa olarak belirlenmiştir. Ayrıca en düşük eğilme direnci 34.82 MPa ve 34.74 MPa değerleri ile sırasıyla saf polimer ve %5 zımpara tozu ilaveli örneklerde tespit edilmiştir. DSC analizi sonuçlarına göre polimer matrise zımpara tozu ilave edilmesi sonucu kristalite değerlerinde azalış görülmüştür. LOI testi sonucuna göre kompozit karışımındaki zımpara tozu oranındaki artışla beraber kompozitlerin yanmaları için ihtiyaç duydukları oksijen miktarında artış görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** gürgen, zımpara tozu, termoplastik kompozit, DSC kristalite

### Evaluation of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) wood sanding dust in thermoplastic composite production

#### Abstract

In this study, composite materials were obtained after mixing hornbeam (*Carpinus betulus* L.) wood sanding dust and high-density polyethylene (HDPE) in a twin-screw extruder. Tensile, bending and hardness tests were carried out to determine the mechanical properties of the composites. In addition to these, Differential Scanning Calorimeter (DSC) analysis and Limit Oxygen Index (LOI) tests were performed to determine the thermal properties of composites. According to the mechanical test results, the highest tensile strength value was determined 27.92 MPa in the 20% wood sanding dust added sample. In addition, the lowest tensile strength value was determined as 26.17 MPa in the 5% sanding dust added composite sample. According to the bending strength test results, the highest bending strength value was determined as 40.72 MPa in the 20% sanding dust added composite sample. In addition, the lowest bending strength was determined as 34.82 MPa and 34.74 MPa values, respectively, in neat polymer and 5% wood sanding dust added samples. According to the results of DSC analysis, a decrease in the crystallinity values was observed as a result of adding wood sanding dust into the polymer matrix. According to the results of the LOI test, with the increase in the wood sanding dust ratio in the composite mixture, the amount of oxygen required for the combustion of the composites increased.

**Keywords:** hornbeam, sanding dust, thermoplastic composite, DSC crystallinity

Makale tarihçesi: Geliş:24.04.2021, Kabul:08.05.2021, Yayınlanma:28.06.2021, \*e-posta: [nasirnarlioglu@gmail.com](mailto:nasirnarlioglu@gmail.com),

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

Atıf: Narlıoğlu N., (2021), Gürgen (*Carpinus betulus* L.) odunu zımpara tozunun termoplastik kompozit üretiminde değerlendirilmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4 (1), 9-18, DOI: 10.33725/mamad.927157

## **1 Giriş**

Doğal lif takviyeli kompozit malzemeler (biyokompozitler), içeriğindeki odun vd. lignosel lzik dolgu maddelerinden dolayı yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir özelliklere sahip olması sebebiyle vre dostu malzemelerdir. Bu malzemeler gnm özde plastik, metal, ahşap vd. malzemelere kıyasla uygun fiyatının yanında birçok i ve dış mekan uygulamaları için arzu edilen fiziksel ve mekanik özellikler sergilemesi sebebiyle, bu alana ilgi duyan araştırmacı ve üreticiler tarafından ilgi çekmektedir.

Ahşap ve ahşap esaslı malzemelerden yapılan ürünlerin imalatı, mekanik işlemeyle (kesme, delme vs.) ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır. Ahşap malzemelerin işlenmesi ile ilgili işlemler sonucunda, genellikle talaş denilen atık partikülleri oluşur. Oluřan talaşların boyutu işleme yöntemine, kesme parametrelerine ve malzeme özelliklerine bağlı olarak değişir. Ayrıca partiküllerin çođu havada dağılma özelliğine sahip çok ince parçacıklardır (Vincent ve ark., 2006; Fujimoto ve ark., 2011; Rogoziński ve ark., 2017). Odun plastik kompozitlerin (OPK) retiminde kullanılan en yaygın polimerler poliolefinlerdir (Nwabunma ve Kun, 2007). Kereste endüstrisi atıkları dahil farklı atık malzemeler, yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve polipropilen (PP) matrisli OPK'lerin üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılabilirler (Kajaks ve ark., 2014; 2015; 2018; Kuka ve ark., 2016). Ayrıca OPK'ler işlenmeleri için yeni ekipman yatırımına gerek kalmadan ahşap malzeme gibi birleştirilebilir, zımparalanabilir, boyanabilir ve işlenebilirler (Faruk ve ark., 2007). Mobilya retiminde kullanılan ahşap malzemelerin ađaç işleme makineleri ile işlenmesi esnasında talaş ve toz şeklinde atıklar açığa çıkmaktadır. Bu atıkların çođu kerestenin kesme/biçme ve rendeleme makinelerinde işlenmesi esnasında testere/rende talaşı şeklinde açığa çıkmaktadır. Ayrıca ahşap malzemenin zımparalanması sonucunda zımpara tozu şeklinde atıklar açığa çıkmaktadır. 1 m<sup>3</sup> kerestenin masif panel levha haline gelinceye kadar verilecek fire ve zayıat miktarlarına göre; zımparalama esnasında %8 oranında fire verildiği belirtilmiştir (Anonim, 2021). Burada belirtilen fire şeklinde açığa çıkan atık miktarının kerestenin işlenmesi sırasında açığa çıkan diğer atık miktarlarına (ebatlama %2, dilimleme %5-7, dış açma %5-7, yüzey temizleme %8, kenar silme %10-12) kıyasla azımsanmayacak kadar yüksek olduğu görülmektedir.

Masif ahşap malzemenin şerit testere ve daire testere makineleri ile işlenmesi sonucunda açığa çıkan testere talaşı atıkları OPK retiminde kullanılan doğal takviye maddelerinden biridir. Ahşap malzemenin şekillendirilmesi esnasında açığa çıkan testere talaşının çeşitli matris malzemelere (termoplastik/termoset polimer, imento/alçı) ilave edilmesi sonucu elde edilen biyokompozit malzemeler ile ilgili yapılan akademik çalışmalar oldukça fazla sayıdadır (Maldas ve ark., 1988; Idrus ve ark., 2011; Horta ve ark., 2017; Sombatsompop ve Chaochanchaikul, 2004; Turgut, 2007; Chotirat ve ark., 2007; Ahmad ve Mei, 2009; Dai ve Fan, 2015; Rahman ve ark., 2018; 2019; Jaya ve ark., 2018; Samani ve Toghraie, 2019). Diğer yandan literatürde ahşap malzemenin zımparalanması esnasında açığa çıkan zımpara tozunun polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi ile ilgili yapılan çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu grlmştir. OPK'nın üretiminde zımpara tozlarının kullanılması sadece üretim maliyetlerini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda orman endüstrisi atıklarının birikmesi ve atılması sorununu da ortadan kaldırır (Chavooshi ve ark., 2014). Yukarıda açıklanan sebeplerle bu çalışmada, mobilya fabrikalarında bertaraf edilmesi zor bir atık türü olan zımpara tozunun, termoplastik polimerde takviye malzemesi olarak değerlendirilme düşüncesi sonucunda, gürgen odunu zımpara tozu YYPE polimerine ilave edilerek kompozit malzemeler üretilmiştir. Üretilen kompozit malzemelerin özelliklerinin incelenmesi amacıyla eğilme, çekme ve sertlik direnci testleri ile mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bunlara ilaveten Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) analizleri ve Limit Oksijen İndeksi (LOI) testleri ile kompozitlerin termal karakterizasyonu yapılmıştır.

## **1 Materyal ve Metot**

### **1.1 Materyal**

Bu çalışmada, polimer matris içerisine ilave edilen gürgen odunu zımpara tozu Kahramanmaraş mobilyacılar sitesinden temin edilmiştir. Ahşap kesme ve zımparalama işlemleri esnasında genel olarak 20 ile 5000  $\mu\text{m}$  arasında değişen boyutlarda parçacıklar açığa çıkmaktadır. OPK retimi için en kullanışlı odun parçacık boyutu 50 ile 700  $\mu\text{m}$  aralığında olan parçacıklardır (Kamel, 2010). Gürgen odunu zımpara tozu, kompozit malzeme üretimi için uygun boyuta getirilmesi amacıyla sarsak elekte elenerek 125-149  $\mu\text{m}$  parçacık boyutunda tasnif edilmiştir. Daha sonra sarsak elekte elenerek tasnif edilen kısım  $103 \pm 2$   $^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa ayarlı fırında tam kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Ayrıca kompozit malzeme üretiminde polimer matris olarak YYPE (PETKİM-YY50464) polimeri kullanılmıştır.

### **1.2 Metot**

Gürgen odunu zımpara tozu %0-5-10-20 oranlarında YYPE polimeri içerisine ilave edilerek 90-120-150-170-180  $^{\circ}\text{C}$  kovan sıcaklığına ve 50 d/dk vida hızına ayarlı çift vidalı ekstruder ile karıştırılarak kompozit pelletleri formuna dnştrlmştir. Sonrasında, elde edilen kompozit pelletlerden sıcak pres kalıplama tekniği ile 250x250x3 mm boyutlarında kompozit malzemeler üretilmiştir. Daha sonra, üretilen malzemeler mekanik özelliklerinin belirlenmesi için ASTM standartlarına uygun şekilde llendirilerek  $60 \pm 5$  bağıl nem ve  $22 \pm 3$   $^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta bir hafta süresince iklimlendirme kabininde klimatize edilmiştir.

#### **1.2.1 Mekanik zelliklerin belirlenmesi**

Deney numunelerinin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme direnci testi ASTM D638'e göre, eğilme direnci testi ASTM D790'a göre 2kN kapasiteli niversal test makinesi kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca deney numunelerinin sertliğini belirlemek için ASTM D2240'a göre Shore D sertlik testi yapılmıştır.

#### **1.2.2 Termal zelliklerin belirlenmesi**

Deney numunelerinin termal özelliklerini araştırmak için Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) analizleri ile Limit Oksijen İndeks (LOI) testleri yapılmıştır. DSC analizleri, 100 ml/dk azot gazı akış hızı ve 10  $^{\circ}\text{C}/\text{dk}$  ısıtma hızına ayarlı Shimadzu DSC-60 cihazı kullanılarak yapılmıştır. Malzemelerin yanmaları için gereken oksijen miktarı değerlerinin belirlendiği LOI testi Dynisco Limiting Oxygen Index Chamber ile ASTM D 2863'e göre azot ve oksijen gazı ortamında yapılmıştır. Malzemelerin kristalit yüzdeleri, DSC analizi sonuarından elde edilen erime sıcaklığı aralığındaki entalpi değerlerinden, Spiridon ve ark., (2012) tarafından kullanılan kristalite hesaplama yöntemine göre belirlenmiştir.

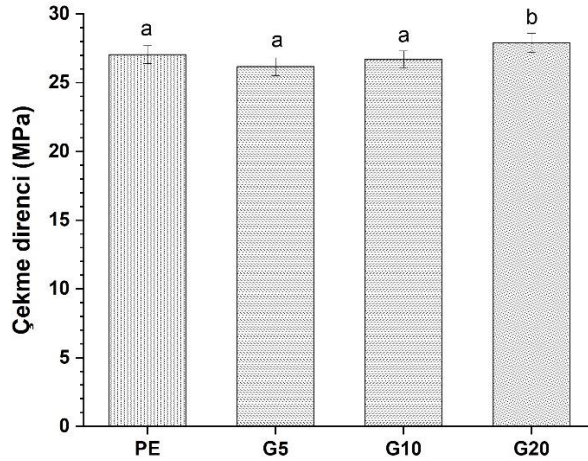
#### **1.2.3 İstatistik analizler**

Bu çalışmada, zımpara tozu miktarının malzemelerin mekanik özelliklerine etkisini araştırmak için OriginPro 9b programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Varyans analizinden elde edilen değerler, %95 olasılık düzeyindeki F testi tablosu ile karşılaştırılmıştır. F testleri karşılaştırmalarına göre ortalamalar arasında anlamlı farklar Tukey testi ile kıyaslanmıştır. Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farklılıklar ( $p < 0.05$ ) grafikler üzerinde farklı harfler ile gösterilmiştir.

## **2 Bulgular ve Tartışma**

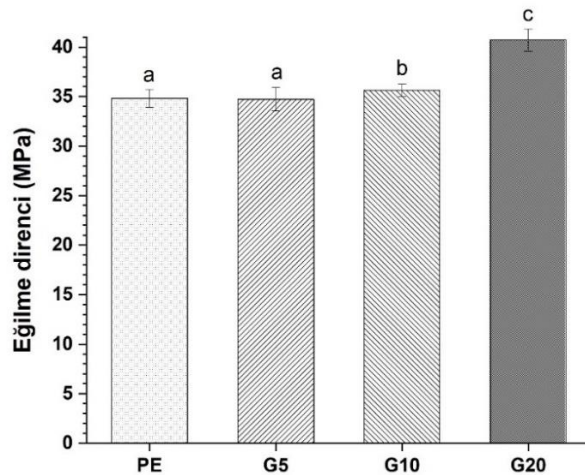
şekil 1.'de gürgen odunu zımpara tozunun YYPE polimerinin çekme direnci üzerinde etkisi gösterilmiştir. şekil 1.'de görüldüğü gibi polimer matris içerisine zımpara tozu eklenmesi ile çekme direnci değerlerinde önce bir miktar azalış grlmştir. Saf polimer matrisin çekme

direnci değeri 27.04 MPa olup, bu değeri 26.17 MPa ve 26.69 MPa değerleriyle sırasıyla %5 ve %10 zımpara tozu ilaveli kompozit örnekleri takip etmiştir. Diğer yandan polimer matrise %20 zımpara tozu ilave edilmesi çekme direncini saf polimere göre %3.15 oranında artırmıştır.



Şekil 1. Deney numunelerinin çekme direnci değerleri

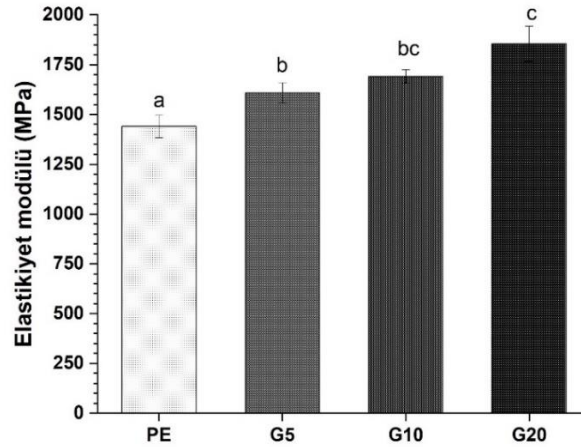
Gürgen odunu zımpara tozu ilave edilmiş YYPE kompozitler ile saf polimerin eğilme direnci değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2.’de görüldüğü gibi %5 zımpara tozu ilaveli kompozit örneğinin eğilme direnci değeri ile saf polimerin (PE) eğilme direnci değeri (34.82 MPa) arasında istatistiksel olarak belirgin bir fark görülmektedir, polimer matris i çerisine %10 zımpara tozu ilavesinden sonra eğilme direnci değerlerinde artış görülmüştür. Örnekler arasında en yüksek eğilme direnci, 40.72 MPa değeri ile %20 zımpara tozu ilaveli kompozit (G20) örneğinde görülmüştür. Diğer yandan en düşük eğilme direnci değeri, 34.74 MPa ile %5 zımpara tozu ilaveli kompozit (G5) örneğinde görülmüştür. Cui ve ark., (2010) tarafından yapılan çalışmada, polimer matris i çerisine odun unu eklenmesi ile malzemelerin eğilme direnci değerlerinde artış görüldüğü belirtilmiştir.



Şekil 2. Deney numunelerinin eğilme direnci değerleri

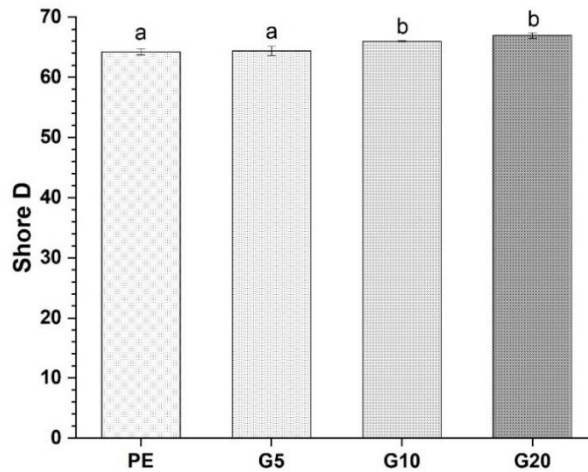
Kompozit malzemelerin elastikiyet modülü değerlerinin polimer matrise odun unu ilavesiyle arttığı bildirilmiştir (Narlıoğlu ve ark., 2018). Zımpara tozu ilaveli kompozitlerin ve saf polimerin elastikiyet modülü değerleri Şekil 3.’te verilmiştir. Şekil 3’te görüldüğü gibi kompozit karışımındaki zımpara tozu artışına bağlı olarak elastikiyet modülü değerlerinde giderek artış görülmüştür. Saf YYPE polimerinin elastikiyet modülü değeri, 1439 MPa ile en

düşük değeri sergilerken, en yüksek elastikiyet modülü değeri ise %20 zımpara tozu ilaveli kompozit örneğinde 1855 MPa olarak ölçülmüştür.



Şekil 3. Deney numunelerinin elastikiyet modülü değeri

Saf YYPE polimeri ile zımpara tozu ilaveli kompozitlerin Shore D sertlik değeri Şekil 4.'te verilmiştir. Şekil 4.'te görüldüğü gibi polimer matris içerisine zımpara tozu ilave edilmesi ile saf polimer ve %5 zımpara tozu ilaveli kompozit örneğinin sertlik değerlerinde kayda değer bir değişiklik görülmemiştir. Diğer yandan %10 ve %20 zımpara tozu ilaveli kompozit örneklerinin sertlik değerlerinde bir miktar artış görülmüştür. OPK'lerin Shore D sertlik değerlerinin polimer matrise odun unu eklenmesiyle arttığı belirtilmektedir (İbrahim ve ark., 2019; EL-Meniawi, M. A. H. 2020). Ayrıca saf polimerin Shore D sertliği 64.25 ile en düşük değeri sergilerken, polimer içerisine %5-10-20 oranlarında zımpara tozu ilave edilmesi sonucunda elde edilen kompozitlerin sertlik değerlerinin sırasıyla 64.41, 66 ve 66.96 değerlerini sergiledikleri görülmüştür.

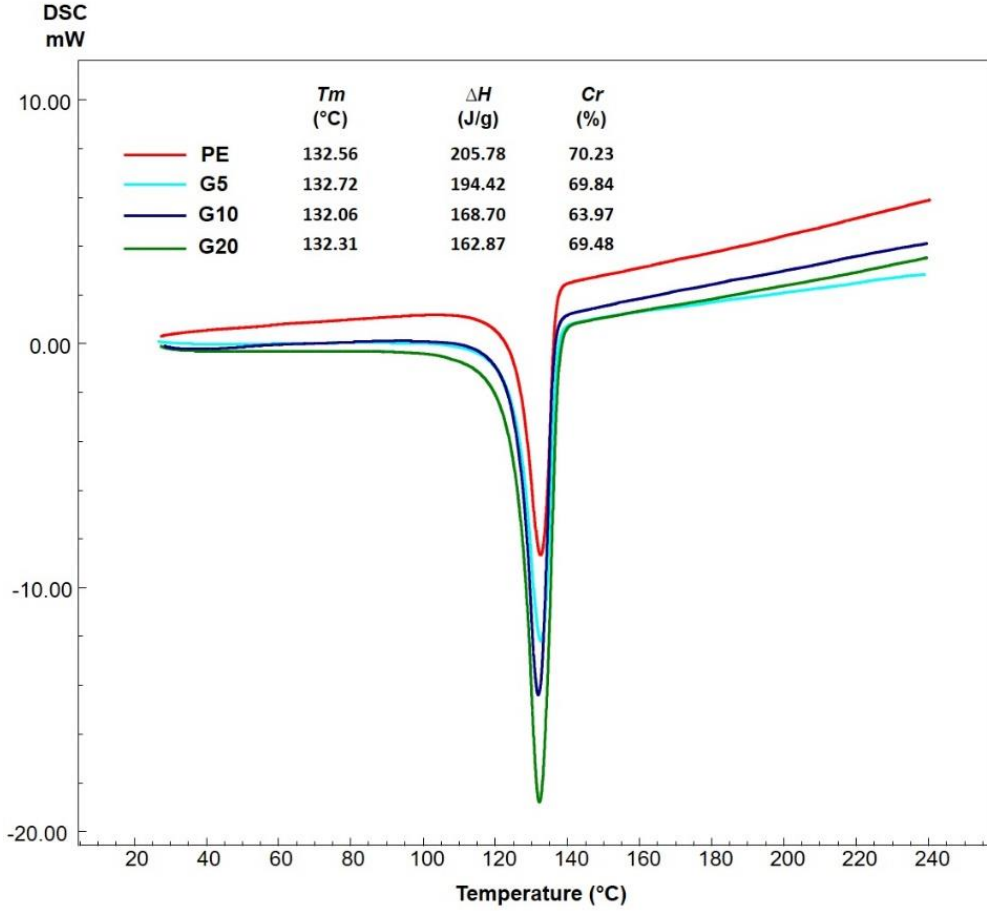


Şekil 4. Deney numunelerinin Shore D sertlik değeri

Saf YYPE polimeri ve zımpara tozu ilaveli kompozitlerin DSC eğrileri ile erime sıcaklığı, entalpi ve kristalit değeri Şekil 5.'te verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde polimer matris içerisine zımpara tozu ilave edilmesi ile polimer matrisin erime sıcaklığı derecelerinde önemli bir değişiklik görülmemiştir. Diğer yandan polimer matrise ilave edilen zımpara tozu ile entalpi değerlerinde azalma görülmüştür. Ayrıca kristalite hesaplarına göre polimer matrise ilave edilen zımpara tozu, kristalit yüzdesinde bir miktar azalışa sebep olmuştur. En düşük kristalite değeri %63.97 ile %10 zımpara tozu ilave edilmiş kompozit örneğinde (G10) tespit edilmiştir.

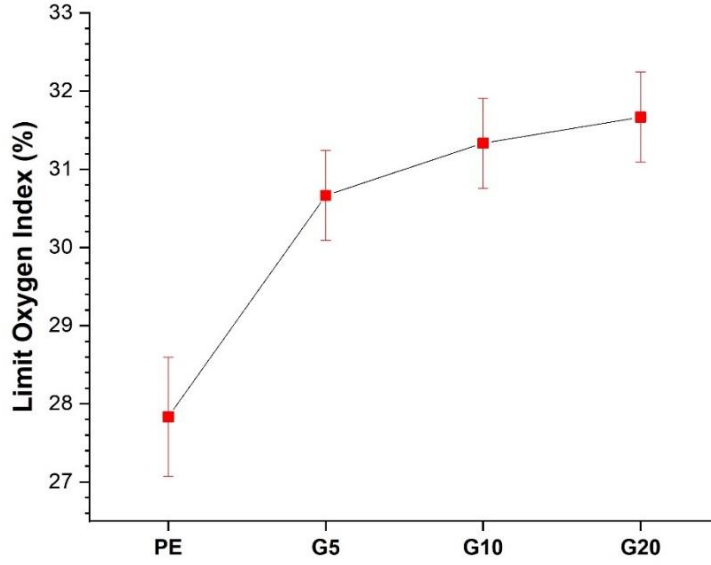


Diğer yandan en yüksek kristalite değerı saf polimerde (PE) %70.23 olarak hesaplanmış. Ayrıca %5 ve %20 zımpara tozu ilaveli kompozit örneklarının kristalite değerleri sırasıyla %69.84 ve %69.48 olarak hesaplanmıştır. Doğal lif takviyeli kompozit üretiminde, polimer matris i çerisine lignosel ülozik maddelerin eklenmesi ile polimerlerin entalpi değerleri ve kristalit yüzdelerinde azalma görüldüğü bazı araştırmacıların çalışmalarında belirtilmiştir (Cui ve ark., 2010; Banat ve Fares, 2015; Chafidz ve ark., 2018; Yu ve ark., 2018).



Şekil 5. Deney numunelerinin DSC eğrileri ve analiz sonuçları

Malzemelerin yanması için ihtiyaç duyulan oksijen miktarının belirlendiği LOI testi sonuçları Şekil 6.'da verilmiştir. Şekil 6.'da görüldüğü gibi polimer matrise ilave edilen zımpara tozu oranının artmasıyla malzemelerin LOI değerleri yükselmiştir. Saf polimer matrisin LOI değerı %27.83 ile en düşük değerı gösterirken, polimer matrise %5 oranında zımpara tozu ilavesi ile bu değer %30.66'ya yükselmiştir. Ayrıca %10 ve %20 zımpara tozu ilaveli kompozitlerin LOI değerlerinin birbirine yakın değerler sergilediği görülmüştür. Bu kompozitlerin (%10-20) LOI değerleri sırasıyla %31.33 ve %31.66 olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. Deney numunelerinin LOI değerleri

### 3 Sonu ar ve Öneriler

Gürgen odunu zımpara tozunun termoplastik kompozit üretiminde değerlendirilmesi isimli bu çalışmada;

- Polimer matris i çerisine zımpara tozu eklenmesi ile çekme direnci değerinde önce azalış sonra artış görölmüştür.

- Polimer matrise ilave edilen zımpara tozu, kompozitlerin eğilme direnci değerlerinde genel olarak artışa sebep olmuştur. Diğer yandan zımpara tozu oranının artması ile kompozitlerin elastikiyet modölu değerlerinin de arttığı görölmüştür.

- Polimer matris içerisine zımpara tozu eklenmesi, sertlik değerlerinde bir miktar artışa sebep olmuştur.

- Kompozitlerin termal özelliklerinin incelenmesi sonucunda, polimer matrise zımpara tozu ilave edilmesiyle, kristalit yüzdelerinde azalış görölmüştür. Ayrıca zımpara tozu miktarındaki artış ile kompozitlerin yanması için gerekli olan oksijen miktarında artış görölmüştür.

- Bu alışmada, YYPE polimer matrisine gürgen odunu zımpara tozunun farklı oranlarda eklenmesi sonucunda termoplastik kompozit üretimi sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmiştir. İleriki çalışmalarda farklı odun zımpara tozu atıklarının değişken oranlarda çeşitli polimer matrisler üzerinde etkisinin incelenmesi, bu alana ilgi duyan araştırmacılara fayda sağlayacaktır.

- Ayrıca bu ve bundan sonraki çalışmaların kompozit malzeme üreticilerinin dikkatini çekmesi neticesinde, üreticilerin imalat sürecinde zımpara tozu atıklarına yer vermesi ile evre problemlerinin öz ömüne katkı sağlayacakları düşünölmektedir.

- Bunlara ek olarak orman endüstrisi atıklarının rasyonel bir şekilde değerlendirilmesi sonucunda, atıkların katma değeri yüksek ürönlere (yer/duvar döşemesi, mobilya elemanları vd.) dönüşümü ile birlikte öлке ekonomisine katkı sağlayacağı düşünölmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışmanın yapılmasında laboratuvar desteğinden dolayı Prof. Dr. M. Hakkı ALMA'ya teşekkür ederim.

## Kaynaklar

- Ahmad, I., Mei, T. M. (2009), Mechanical and morphological studies of rubber wood sawdust-filled UPR composite based on recycled PET, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 48(12), 1262-1268. DOI: 10.1080/03602550903204105
- Anonim, (2021), İstanbul ticaret odası ağaç ve orman ürünlerinin fire ve randıman oranları, <https://www.ito.org.tr/tr/hizmetler/fire-ve-randiman-oranlari>, Erişim: 04.04.2021
- ASTM D2240, (2015), Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D2863, (2000), Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index), ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D638, (2014), Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D790, (2017), Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Banat, R., Fares, M. M. (2015), Thermo-gravimetric stability of high density polyethylene composite filled with olive shell flour. *American Journal of Polymer Science*, 5(3), 65-74. DOI: 10.5923/j.ajps.20150503.02
- Chafidz, A., Rizal, M., Faisal, R. M., Kaavessina, M., Hartanto, D., AlZahrani, S. M. (2018), Processing and properties of high density polyethylene/date palm fiber composites prepared by a laboratory mixing extruder, *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 12(3), 3771-3785. DOI: 10.15282/jmes.12.3.2018.2.0333
- Chavooshi, A., Madhoushi, M., Navi, M., Abareshi, M. Y. (2014), MDF dust/PP composites reinforced with nanoclay: Morphology, long-term physical properties and withdrawal strength of fasteners in dry and saturated conditions, *Construction and Building Materials*, 52, 324-330. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.11.045
- Chotirat, L., Chaochanchaikul, K., Sombatsompop, N. (2007), On adhesion mechanisms and interfacial strength in acrylonitrile-butadiene-styrene/wood sawdust composites, *International journal of adhesion and adhesives*, 27(8), 669-678. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2007.02.001
- Cui, Y. H., Tao, J., Noruziaan, B., Cheung, M., Lee, S. (2010), DSC Analysis and Mechanical Properties of Wood—Plastic Composites, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29(2), 278-289. DOI: 10.1177/0731684408097766
- Dai, D., Fan, M. (2015), Preparation of bio-composite from wood sawdust and gypsum, *Industrial Crops and Products*, 74, 417-424. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.05.036
- EL-Meniawi, M. A. H. (2020), The Influence of Wood Flour on Properties of Polypropylene/Wood-Flour Composites, *Bulletin of the Faculty of Engineering*, Mansoura University, 42(2), 20-25. DOI: 10.21608/bfemu.2020.88889

- Faruk, O., Bledzki, A. K., Matuana, L. M. (2007), Microcellular foamed wood - plastic composites by different processes: A review, *Macromolecular Materials and Engineering*, 292(2), 113-127. DOI: 10.1002/mame.200600406
- Fujimoto, K., Takano, T., Okumura, S. (2011), Difference in mass concentration of airborne dust during circular sawing of five wood-based materials, *Journal of Wood Science*, 57(2), 149-154. DOI: 10.1007/s10086-010-1145-y.
- Horta, J. F., Simões, F. J., Mateus, A. (2017), Study of wood-plastic composites with reused high density polyethylene and wood sawdust, *Procedia Manufacturing*, 12 (2017), 221-229. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.08.026
- Ibrahim, M. A., Hirayama, T., Khalafallah, D. (2019), An investigation into the tribological properties of wood flour reinforced polypropylene composites, *Materials Research Express*, 7(1), 015313. DOI: 10.1088/2053-1591/ab600c
- Idrus, M. M., Hamdan, S., Rahman, M. R., Islam, M. S. (2011), Treated tropical wood sawdust-polypropylene polymer composite: mechanical and morphological study, *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 2(04), 435. DOI: 10.4236/jbnt.2011.24053
- Jaya, H., Noriman, N. Z., AbdulKadir, H. K., Dahham, O. S., Muhammad, N., Latip, N. A., Aini, A. K. (2018), The effects of wood sawdust loading on tensile and physical properties of up/pf/wsd composites, In IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering* (Vol. 454, No. 1, p. 012193). IOP Publishing. DOI: 10.1088/1757-899X/454/1/012193
- Kajaks, J., Kalnins K, Naburgs R. (2018), Wood plastic composites (WPC) based on high-density polyethylene and birch wood plywood production residues, *International Wood Products Journal*, 9(1), 15-21, DOI: 10.1080/20426445.2017.1410997
- Kajaks, J., Kalnins K, Uzulis S, Matvejs J. 2014. Physical and mechanical properties of composites based on polypropylene and timber industry waste. *Central European Journal of Engineering*. 4(4), 385–390. DOI: 10.2478/s13531-013-0172-z
- Kajaks, J, Zagorska A, Mezinskis A. (2015), Some exploitation properties of wood plastic composites (WPC) based on high density polyethylene and timber industry waste, *Materials Science (Medžiagotyra)*, 21(3), 396–399. DOI: 10.5755/j01.ms.21.3.7283
- Kamel, M. (2010), Investigating the mechanical and physical properties of wood plastic composites (WPC) [PhD Thesis]. Cairo: The American University in Cairo.
- Kuka, E, Cirule D, Kajaks J, Andersone I, Andersons B. (2016), Wood Plastics Composites made with thermally modified birch wood residues, *International Wood Products Journal*, 7(4), 225–230. DOI: 10.1080/20426445.2016.1214439
- Maldas, D., Kokta, B. V., Raj, R. G., Daneault, C. (1988), Improvement of the mechanical properties of sawdust wood fibre—polystyrene composites by chemical treatment, *Polymer*, 29(7), 1255-1265. DOI: 10.1016/0032-3861(88)90053-5
- 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.
- Nwabunma, D, Kun T. (2007), Polyolefin composites. New Jersey: 3M Company, Wiley-Interscience A. J. Wiley & Sons INC publications; p. 3–82. 87–123, 150–201. DOI: 10.1002/9780470199039.ch1

- Rahman, M. R., Hamdan, S., Ngaini, Z. B., Jayamani, E., Kakar, A., Bakri, M. K. B., Yusof, F. A. B. M. (2019), Cellulose fiber-reinforced thermosetting composites: impact of cyanoethyl modification on mechanical, thermal and morphological properties, *Polymer Bulletin*, 76(8), 4295-4311. DOI: 10.1007/s00289-018-2598-1
- Rahman, M. R., Ting, J. S. H., Hamdan, S., Hasan, M., Salleh, S. F., and Rahman, M. M. (2018), Impact of delignification on mechanical, morphological, and thermal properties of wood sawdust reinforced unsaturated polyester composites, *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 24(2), 185-191. DOI: 10.1002/vnl.21545
- Rogoziński, T., Wilkowski, J., Górski, J., Szymanowski, K., Podziewski, P., Czarniak, P. (2017), Fine particles content in dust created in CNC milling of selected wood composites, *Wood and Fiber Science*, 49(4), 461-469.
- Samani, M. R., Toghraie, D. (2019), Removal of hexavalent chromium from water using polyaniline/wood sawdust/poly ethylene glycol composite: an experimental study, *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 17(1), DOI: 53-62. 10.1007/s40201-018-00325-y
- Sombatsompop, N., Chaochanchaikul, K. (2004), Effect of moisture content on mechanical properties, thermal and structural stability and extrudate texture of poly (vinyl chloride)/wood sawdust composites, *Polymer International*, 53(9), 1210-1218. DOI: 10.1002/pi.1535
- Spiridon, I., Paduraru, O. M., Rudowski, M., Kozłowski, M. Darie, R. N. (2012), Assessment of changes due to accelerated weathering of low-density polyethylene/feather composites, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 51(21), 7279-7286. DOI: 10.1021/ie300738d
- Turgut, P. (2007), Cement composites with limestone dust and different grades of wood sawdust, *Building and Environment*, 42(11), 3801-3807. DOI: 10.1016/j.buildenv.2006.11.008
- Yu, M., Mao, H., Huang, R., Ge, Z., Tian, P., Sun, L., Wu, Q., Sun, K. (2018), Mechanical and Thermal Properties of R-High Density Polyethylene Composites Reinforced with Wheat Straw Particleboard Dust and Basalt Fiber, *International Journal of Polymer Science*, vol. 2018, Article ID 5101937, 10 pages. DOI:10.1155/2018/5101937.



### Kurtbağrı (*Ligustrum lucidum*) odununun bazı mekanik özelliklerinin araştırılması ve diğer bazı ağaç türleri ile karşılaştırılması

Vedat Çavuş\*<sup>ID</sup>

#### Öz

Ağaç malzemenin kullanılacağı yere karar verilebilmesi ve kullanım amacına en uygun olarak seçilebilmesi için fiziksel, mekanik, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bu özelliklerin bilinmesi; tasarımcılar, üreticiler, tüketiciler, mühendisler, mimarlar için oldukça önemlidir. Bu çalışmada, kurtbağrı (*Ligustrum lucidum*) odununun bazı önemli fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Hava kurusu yoğunluk, eğilme direnci, elastikiyet modülü, statik sertlik değeri ve vida tutma kapasitesi belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre; hava kurusu yoğunluk  $791.53 \text{ kg/m}^3$ , eğilme direnci  $98,66 \text{ N/mm}^2$ , eğilmede elastikiyet modülü  $6946.26 \text{ N/mm}^2$ , statik sertlik direnci teğet, radyal ve enine yüzeyde sırasıyla 82.58, 83.97 ve  $101.82 \text{ N/mm}^2$  olarak tespit edilmiştir. Vida tutma kapasitesi teğet, radyal ve enine yüzeyde sırasıyla 41.04, 43.93 ve  $34.77 \text{ N/mm}^2$  olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen değerler bazı diğer odun türleri ile karşılaştırılmıştır. Bu odun türünün önemli mekanik özelliklere sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu odun türü; yüksek derecede sertlik ve eğilme direnci istenen merdiven, döşeme, parke, ayakkabı kalıpları, müzik aletleri, alet yapımı, oyuncak ve ambalaj, her türlü ahşap tornalama ve mobilyalarda kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Kurtbağrı, *Ligustrum lucidum*, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler

### Investigation of some mechanical properties of privet (*Ligustrum lucidum*) wood and comparison with some other tree species

#### Abstract

It is necessary to determine the physical, mechanical, chemical and technological properties of the wood material in order to decide where it will be used and to be selected in the most appropriate way for its intended use. To know these features; it is very important for designers, manufacturers, consumers, engineers and architects. In this study, some important physical and mechanical properties of Privet (*Ligustrum lucidum*) wood were investigated. Air-dried density, modulus of rupture, modulus of elasticity, static hardness and screw holding capacity were determined. According to the obtained data; air-dried density;  $791.53 \text{ kg/m}^3$ , modulus of rupture;  $98.66 \text{ N/mm}^2$ , modulus of elasticity;  $6946.26 \text{ N/mm}^2$ , static hardness resistance; 82.58, 83.97 and  $101.82 \text{ N/mm}^2$  at tangential, radial and transverse surface, were determined, respectively. Screw holding capacity were determined 41.04, 43.93 and  $34.77 \text{ N/mm}^2$  on tangential, radial and transverse surface, respectively. The determined values were compared with some other wood species. It was concluded that this type of wood has important mechanical properties. Privet wood can be used in staircases, flooring, parquet, shoe molds, musical instruments, tool making, toy and packaging, all kinds of wood turning and furniture, where a high degree of hardness and bending resistance is required.

**Keywords:** Privet, *Ligustrum lucidum*, Physical properties, Mechanical properties

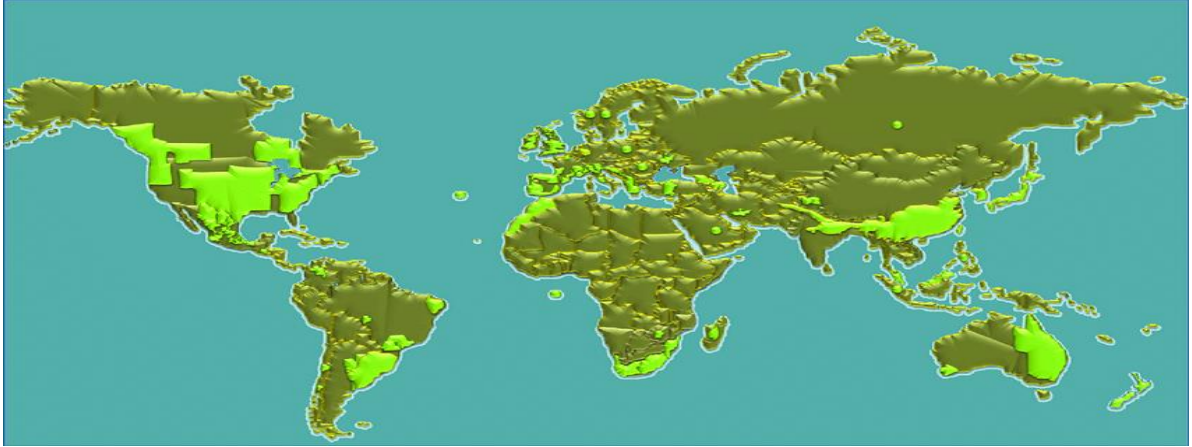
Makale tarihçesi: Geliş: 25.04.2021, Kabul: 09.05.2021, Yayınlanma: 28.06.2021, \*e-posta: vedatcavus@hotmail.com.

\*İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

Atıf: Çavuş, V., (2021), Kurtbağrı (*Ligustrum lucidum*) odununda bazı mekanik özelliklerinin araştırılması ve diğer bazı ağaç türleri ile karşılaştırılması, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 19-29, DOI: 10.33725mamad. 927822

## 1. Giriş

Kurtbağrı (*Ligustrum lucidum*) ağacı, genellikle Çin kurtbağrı, parlak kurtbağrı veya balmumu yapraklı kurtbağrı, Avrupa kurtbağrı adları ile bilinen ve hızlı yetişen bir ağaç türüdür. Kurtbağrı ağaç türü Dünya çapında dağılım gösteren Oleaceae familyasının bir üyesi olup, Akdeniz havzasının bitki örtüsüne önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Bailey 1963, Brosse 1979). Kurtbağrı ağacı, güneybatı İsveç ve güneydoğu Norveç'e kadar kuzeye uzanarak Avrupa'nın büyük kısmına özgü bir tür olma özelliği göstermektedir. Aynı zamanda kuzeybatı Afrika'ya (Fas) ve batı Asya'ya (Türkiye, kuzeybatı İran, Ermenistan, Azerbaycan ve Gürcistan) kadar doğuya uzayan bir yayılım gösterir. Ayrıca güneydoğu Avustralya'da Güney Afrika, Yeni Zelanda, ABD ve Güney Kanada'ya kadar yaygın bir şekilde bulunan bu ağaç türü Kuzey ve Güney Amerika (Kanada, ABD, Arjantin ve Brezilya), Güney Afrika, Avustralya ve Yeni Zelanda'da istilacı bir tür olarak rapor edilmiştir (Şofletea ve Curtu 2007, Qin 2009, Enescu ve ark., 2015). Bu ağaç yaprak döken bir ağaç türü olup 4 veya 5 m'ye kadar boy yapabilir. Ülkemizde Karadeniz kıyı şeridinde ve iç bölgelerde doğal olarak yetişir ve kışın fazla sert geçmediği yerlerde yarı her dem yeşildir. Bu ağaç türünün Dünya üzerindeki yayılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Dünya üzerinde ve Türkiye'de *Ligustrum vulgare* ve *Ligustrum lucidum* ağaç varlığının dağılımı (URL 1).

Genel görünümü, kabuk, yaprak, sürgün, çiçek, meyve ve tohumları Şekil 2'de gösterilen kurtbağrı ağacı, koyu yeşil yapraklı, hızlı büyüyen, gür ve yaprak döken bir çalı şeklinde olduğu bildirilmiştir. Bu ağaç türünün yaprakları yumurta-mızrak şeklinde, 8-12 cm uzunluğunda, ayanın ucu sivri, tabanı genellikle geniş kama şeklindedir. Yaprak sapı uzunluğu 1-2 cm olup 6-8 çift damar genellikle üst ve alt yüzde belirgindir. Bileşik salkım tipinde kurullar oluşturan çiçekler sapsız gibidir. Meyve oval, yaklaşık 1 cm uzunlukta, mavi, siyah renklidir. Yaprakları kısa saplı, sürgünlerde karşılıklı olarak dizilmiş, ters-oval ve düz kenarlıdır. Yaprakların ucu sivri ve 3-6 cm boyundadır. Birçok ülkede peyzaj bitkisi olarak kullanılmaktadır. Beyaz renkteki çiçekler dal uçlarında yer almaktadır. Çiçekler yaz döneminde türlere göre değişmekle beraber haziran-eylül ayları arasında kümeler halinde açar ve güzel kokar. (Şofletea ve Curtu 2007, Bağcı ve Baseri 2021, URL 2). Şehirlerde yol kenarlarında süs veya çit ağacı olarak kullanılır. 2 veya 2.5 metreye kadar gövdesi dalsız bırakılır. Üstten çok fazla dallanıp budaklanır. İsteğe göre dallanıp budaklanan kısımlarına şekiller verilebilir. Çok hızlı büyüyen bir ağaç türü olduğundan dolayı sürekli budamak gereklidir (Cothran 2003, Pieroni ve Pachaly 2000, Dirr 2009).

Çölleşme riski altında olan kırılğan alanların korunmasında temel bir rol oynar (Bailey 1963, Brosse 1979, Grubb ve ark., 1996). Gölgeye ve kuraklığa toleranslıdır ve hemen hemen her tür toprakta büyüyebilir (Lieutaghi 1975, Brosse 1979, Bailey 1922, Obeso ve Grubb 1993, Gratani ve Foti 1998, Weber 2003, URL 3).



Şekil 2. (A) Kurtbağrı ağacının genel görünümü, (B) Kurtbağrı ağacının gövde ve kabuk görünümü (URL 4), (C) Kurtbağrı ağacının yaprak, sürgün, çiçek, meyve ve tohumlarının görünümü (URL 5).

Kurtbağrı ağacının farklı kısımlarından (yapraklar, meyveler ve çiçekler) elde edilen ekstraktlar geçmişte tıp alanında kanser dahil çeşitli hastalıkların önlenmesi veya tedavisi için kullanılmıştır (Mogosanu ve ark., 2016). Ağaç kabuğundan yapraklardan sarı bir boya elde edilir. Meyvelerden mavimsi-yeşil bir boya elde edilir (Uphof 1959, Usher 1974, Mabey 1979), bu çoğu yeşillikten daha kalıcıdır. Genç dallar sepetçilik ve çit yapımında kullanılır (Uphof 1959, Usher 1974, Polunin 1969). Odunu çoğunlukla odun kömürü üretiminde kullanılmaktadır. Bu ağacın odunu sert, sıkı dokulu olduğundan tornalama işlerinde, baston yapımında ve ayrıca küçük aletler ile tarımsal aletlerin yapımında kullanılmaktadır (Uphof 1959, Usher 1974). Teknik anlamda bir ağaç malzemenin kullanım yerine ve amacına en uygun olarak seçilebilmesi için o malzemenin fiziksel, mekanik, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi, tanıtılması; tasarımcılar, üreticiler, tüketiciler, mühendisler, mimarlar ve akademik çevreler için seçim ve kullanım aşamasında oldukça önemlidir. Yapılan literatür taramasında, kurtbağrı odununun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde kapsamlı bir çalışmaya rastlanmayan kurtbağrı (*Ligustrum lucidum*) odununun bazı mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kurtbağrı odununa ait elde edilen bazı fiziksel ve mekanik özelliklere ait veriler, endüstriyel ve endüstriyel olmayan odun türlerine ait veriler ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada elde edilen verilerin kurtbağrı odununun kullanım yerine ve aynı zamanda ilgili literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada, Kurtbağrı ağacı, (*Ligustrum lucidum*), ağaç türüne ait odun numuneleri İzmir Büyükşehir Belediyesi Park ve bahçeleri müdürlüğü deposunda kesilmiş durumda bulunan 25 cm çapındaki tomruktan temin edilmiştir. Deney numuneleri hazırlanırken TS 2470 (1976) standardında belirtilen esaslar dikkate alınmıştır. Tomruğun dip kısmından ilk



önce 20 cm kesilerek atılmış geri kalan kısımdan deney numuneleri alınmıştır. Tomruğun geometrik merkezi dikkate alınarak birbirine dik iki çap doğrultusunda iki kısma kesilmiş ve öz kısmı çıkarılarak geri kalan parçalar 30 mm kalınlığında kesilmiştir. Deney numuneleri lif doğrultusu, uzunluk eksenine paralel ve yıllık halkalar iki yüze paralel diğer iki yüze dik olacak şekilde ölçülendirilmiştir. Deney numuneleri ölçülendirilirken; budaksız, düzgün lifli, odun kusuru içermeyen ve çatlaksız, renk farkı olmayan, reaksiyon odunu bulunmamasına, mantar ve böcek zararına uğramamış olmasına, diri odun kısımlarından radyal yön dikkate alınarak kesilmesine özen gösterilmiştir. Kesilen kereste parçaları oda şartlarında ( $\cong 18-20^\circ \text{C}$  arası sıcaklık ve %50 bağıl nem) kurutulmaya bırakılmış ve 6 aylık bir bekleme süresinden sonra deney numuneleri hazırlanmıştır. Kurtbağrı odununa ait deney numuneleri  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  sıcaklık ve  $\%65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar iklimlendirme kabini içinde bekletilmiştir.

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Hava kurusu yoğunluğunun belirlenmesi

Hava kurusu yoğunluk değeri TS 2472 (1976) standardı dikkate alınarak 20 x 20 x 30 mm boyutlarındaki numuneler üzerinde yapılmıştır. Aşağıda verilen 1 numaralı formül ile sonuçlar hesaplanmıştır.

$$\delta_{12}: (M_{12} / V_{12}) (\text{g/cm}^3) \quad (1)$$

Bu eşitlikte;  $\delta_{12}$ : Hava kurusu yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ ),  $M_{12}$ : Hava kurusu haldeki ağırlık (g),  $V_{12}$ : Hava kurusu haldeki hacmi ( $\text{cm}^3$ ) değerlerini ifade etmektedir.

### 2.2.2. Statik sertlik direncinin belirlenmesi

Çalışmada, statik sertlik direnci TS 2479 (1976) standardına göre 50 x 50 x 50 mm boyutlarında hazırlanan numuneler üzerinde yapılmıştır. Deney ALŞA marka, hidrolik sistemle çalışan deney cihazında yapılmıştır. Yük miktarı (Newton) olarak aşağıdaki formülle (2) belirlenmiştir.

$$H_j = K \times P_{\max} (\text{N/mm}^2) \quad (2)$$

Bu eşitlikte;

$H_j$ : Statik sertlik değeri ( $\text{N/mm}^2$ )

$P_{\max}$ : Yükleme ucunun deney parçasının içerisinde belirli derinliğe girmesi sırasındaki yük (N)

$K$ : Yükleme ucunun 5.64 mm derinliğe girmesi halinde 1'e, 2.82 mm derinliğe girmesi halinde ise 4/3'e eşit olan bir katsayıdır. Bu çalışmada, deney numunelerinde çatlama olmadığı için, her grup için  $K$  değeri 1 olarak alınmıştır.

### 2.2.3. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi

Eğilme direnci (TS 2474, 1976) ve eğilmede elastikiyet modülü (TS 2478, 1976) 20 x 20 x 360 mm ölçülerinde hazırlanmış olan deney numuneleri üzerinde yapılmıştır. Deneyler Robutest yazılım programına sahip ALŞA marka, hidrolik sistemle çalışan, malzeme test cihazında yapılmıştır. Eğilme direncinde mesnetler arası mesafe 30 cm olarak ayarlanmıştır.

### 2.2.4. Vida tutma kapasitesinin belirlenmesi

Vida tutma kapasitesi TS EN 13446 (2005) standardına göre 50 x 50 x 50 mm ölçülerinde deney numuneleri kullanarak belirlenmiştir. Deneyler Robutest yazılım programına sahip ALŞA marka, hidrolik sistemle çalışan, statik malzeme deney cihazında yapılmıştır. Vida tutma kapasitesinin belirlenmesinde, 4 x 50 mm ölçülerinde çinko vida kullanılmıştır. Vidalar takılmadan önce deney numunelerine, Bosch marka PBD40 model lazer işaretlemeli dikey matkap ile 2.5 mm çapında kılavuz delik açılmış ve vidalar 20 mm ağaç malzeme içerisine

girecek şekilde ayarlanmıştır. Vida tutma kapasitesi denemeleri statik malzeme deney cihazının hızı 5 m/dk olarak ayarlanmıştır. Tüm denemelerde 20 adet test örneği kullanılmıştır. 3 no'lu formül kullanılarak vida tutma kapasitesine ait sonuçlar hesaplanmıştır.

$$f = [(F_{\max}) / (d \times l_p)] \text{ N/mm}^2 \quad (3)$$

Burada;  $f$  : Vidanın geri çekilmeye karşı gösterdiği direnç (N/mm<sup>2</sup>),  $l_p$  : Bağlayıcının girme derinliği (mm),  $d$ : İmalâtçı tarafından verilen çap (mm),  $F_{\max}$ : En büyük geri çıkma yükü (N).

### 2.3. İstatistiksel Analizin Belirlenmesi

Çalışmada elde edilen veriler kullanılarak, bir istatistik programı ile varyans analizleri, aritmetik ortalama, standart sapma, en yüksek ve en düşük değerler hesaplanmış olup, sonuçlar çizelgeler halinde sunulmuştur.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada deney numunelerinin ayrı ayrı hava kurusu yoğunluk ( $D_{12}$ ) değerleri hesaplanmıştır. Hava kurusu yoğunluk değeri ortalama 791.53 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş olup 742.55 - 837.19 kg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği tespit edilmiştir. Literatürde kurtbağrı odununun fiziksel ve mekanik özellikleri ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Diğer odun türleri ile ilgili yapılan bazı araştırmalarda kayın 0.60 gr/cm<sup>3</sup>, ceviz 0.78 gr/cm<sup>3</sup>, gök nar 0.49 gr/cm<sup>3</sup>, karaçam 0.43 gr/cm<sup>3</sup>, kızılçam 0.46 gr/cm<sup>3</sup>, kavak 0.37 gr/cm<sup>3</sup>, gülibrişim 0.53 gr/cm<sup>3</sup> ve kayısı 0.788 g/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir (Örs ve Keskin 2001, Tunçaner ve ark., 2004, Bektaş ve ark., 2005, Çavuş 2019a, Çavuş 2020a). Odunun yoğunluğu ile fiziksel, mekanik, termik, akustik, elektriksel, morfolojik ve biyolojik özellikleri arasındaki ilişki, yapılan birçok çalışmada ortaya konulmuştur. (Malkoçoğlu 1994, Bozkurt ve Erdin 1995). Genel bir kural olarak darbe direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü arasında yoğunluk artışına paralel olarak artan bir ilişki vardır (Bal ve Bektaş 2018). Kurtbağrı odununda belirlenmiş olan vida tutma direncine ait değerler Çizelge 1'de gösterilmektedir. Vida tutma direnci teğet, radyal ve enine yönler için sırasıyla 41.04 N/mm<sup>2</sup>, 43.93 N/mm<sup>2</sup> ve 34.77 N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Vida tutma direnci yüzeyleri birbirleriyle kıyaslandığında, en yüksek değer radyal yüzeyde belirlenirken bunu teğet ve enine yönler takip etmiştir.

**Çizelge 1.** Vida tutma direncine (teğet, radyal ve enine yönler) ait değerler (N/mm<sup>2</sup>)

Test Yüzey Yönü	N	Ortalama	Standart sapma	HG	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
Teğet	16	41.04	2.90	B	37.80	48.50	7.07
Radyal	16	43.93	3.47	A*	38.60	50.10	7.90
Enine	16	34.77	4.67	C	28.20	46.30	13.43

N: Ölçüm Sayısı, HG: Homojenlik Grubu, \*: En yüksek değeri ifade etmektedir.

Vida tutma direnci için varyans analizi sonucu Çizelge 2'de gösterilmektedir. Çizelge 3'e göre, vida tutma direnci için test yüzey yönü anlamlı olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Vida tutma direnci için varyans analizi sonucu

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Test Yüzeyi	701.409	2	350.704	24.933	0.000*
Hata	632.964	45	14.066		
Toplam	77798.740	48			

\*: Anlamlı

Bazı ağaç türlerinde belirlenmiş olan vida tutma kapasitelerinin karşılaştırılmasına ait veriler Çizelge 3’de verilmiştir. Odunun radyal, teğet ve enine yönünün diğer mekanik özellikleri etkilediği gibi vida tutma kapasitesi üzerine de etkisi vardır. Yapılan çalışmada kurtbağrı odunun vida tutma direncinin, bu üç temel yönde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Vida tutma kapasitesinin belirlenmesi için yapılan önceki çalışmalarda da benzer veriler elde edilmiştir. Yoğunluk arttıkça vida tutma kapasitesi artmaktadır (Bal ve ark., 2016). Odun hücrelerinin gövde eksenine paralel dizilişi, yıllık halkaların her bir yüzeydeki farklı konumu bu durumu etkilemektedir. Teğet yüzeyde yıllık halkalar üst üste binmiş mikro tabakalar olduğu için vidanın bu yüzeyde tutunması daha güçlü; enine yüzeyde ise vidanın yıllık halkalara paralel bir tutunması söz konusu olduğu için tutunma daha zayıftır (Efe 2020).

**Çizelge 3.** Bazı ağaç türlerinde belirlenmiş olan vida tutma kapasitelerinin kıyaslanması

Ağaç Türü	Vida Tutma Kapasitesi (N/mm <sup>2</sup> )			Kaynak
	Teğet	Radyal	Enine	
Tespah ( <i>Melia azedarach</i> L.)	35.66	30.31	24.02	Çavuş ve Ayata (2018)
Japon akçaağacı ( <i>Acer Palmatum</i> )	35.10	33.10	28.90	Efe (2020)
Akçaağaç ( <i>Acer trautvetteri</i> Medw.)	39.91	36.63	33.45	Çavuş ve Ayata (2018)
Manolya ( <i>Magnolia grandiflora</i> )	38.40	32.53	30.40	Çavuş ve Ayata (2018)
<b>Kurtbağrı (<i>Ligustrum lucidum</i>)</b>	<b>41.04</b>	<b>43.93</b>	<b>34.77</b>	<b>Tespit</b>
Kayısı ( <i>Prunus armeniaca</i> L.)	48.89	47.34	44.38	Çavuş (2020a)
Turunç ( <i>Citrus aurantium</i> L.)	55.80	57.70	52.60	Çavuş (2020c)
Çitlembik ( <i>Celtis australis</i> L.)	58.10	59.60	55.80	Çavuş (2020b)

Kurtbağrı odununda belirlenen ait janka sertlik direnci için varyans analizi sonucu Çizelge 4’te gösterilmektedir. Çizelge 4 incelendiğinde, janka sertlik direnci için test yüzey yönü anlamlı olarak bulunmuştur.

**Çizelge 4.** Janka sertlik direnci için varyans analizi sonucu

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
<b>Test Yüzeyi</b>	4607.354	2	2303.677	38.618	0.000*
<b>Hata</b>	3400.255	57	59.654		
<b>Toplam</b>	488121.540	60			

\*: Anlamlı

Kurtbağrı odununda belirlenmiş olan janka sertlik direncine ait değerler Çizelge 5’te verilmiştir. Çizelge 5 incelendiğinde, janka sertlik direnci teğet, radyal ve enine yönler için sırasıyla 82.58 N/mm<sup>2</sup>, 83.97 N/mm<sup>2</sup> ve 101.82 N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Janka sertlik direnci yüzeyleri birbirleriyle kıyaslandığında, en yüksek değer enine yüzeyde belirlenirken teğet ve radyal yüzeyler birbirine yakın değerler vermiştir. Çalışmada kullanılan bütün ağaç türlerinde belirlenmiş olan enine yüzeylere ait janka sertlik değerleri, radyal ve teğet yüzeylere ait janka sertlik değerlerinden yüksek elde edilmiştir. Sertlik üzerine yapılan bazı çalışmalarda odun sertliğinin odun türüne (Şanivar ve Zorlu 1980) ve odun yönlerine göre büyük farklar gösterdiği bildirilmiştir (Ayata 2020).

**Çizelge 5.** Janka sertlik direncine ait değerler

Test Yüzeyi	N	Ortalama	Standart Sapma	HG	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
<b>Teğet</b>	<b>20</b>	82.58	5.66	B	75.20	99.00	6.85
<b>Radyal</b>	<b>20</b>	83.97	8.23	B	71.80	98.90	9.80
<b>Enine</b>	<b>20</b>	101.82	8.90	A*	84.00	116.90	8.74

N: Ölçüm Sayısı, HG: Homojenlik Grubu, \*: En yüksek değeri ifade etmektedir.

Çizelge 6’da bazı ağaç türlerinde belirlenmiş olan Janka sertlik (teğet, radyal ve enine yüzeylerde) direnci kıyaslamaları verilmiştir.

**Çizelge 6.** Bazı ağaç türlerinde belirlenmiş olan Janka sertlik direnci kıyaslamaları (N/mm<sup>2</sup>)

Ağaç Türü	Janka Sertlik Değeri			Kaynak
	Teğet	Radyal	Enine	
Yabani kiraz ( <i>Cerasus avium</i> (L.) Monench)	12.26	13.76	26.34	Aytin (2013)
Ayous ( <i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.)	21.01	17.89	28.69	Ayata (2020)
Duglas ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco)	24.68	21.82	36.17	Ay (2005)
Kızılçam ( <i>Pinus brutia</i> Ten.)	39.90	39.10	59.90	Efe ve Bal (2016)
Kasnak meşesi ( <i>Quercus vulcanica</i> (Boiss. and Heldr.)	44.00	42.79	60.60	Göker ve ark.,(2001)
Karabiber ( <i>Piper nigrum</i> L.)	45.13	44.22	56.63	Ayata (2019)
Tespit ( <i>Melia azedarach</i> L.)	54.75	60.14	72.83	Ayata (2019)
Dişbudak ( <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.)	70.88	66.63	105.86	Şahin (2013)
Dişbudak ( <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.)	75.92	66.61	96.89	Alioğulları (2010)
<b>Kurtbağrı (<i>Ligustrum lucidum</i>)</b>	<b>82.58</b>	<b>83.97</b>	<b>101.82</b>	<b>Tespit</b>
Erik ( <i>Prunus domestica</i> L.)	103.24	103.28	124.31	Ayata (2019)

Kurtbağrı odununda belirlenmiş olan eğilme direncine değeri 98.66 N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiş olup 75.72 - 117.70 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çeşitli odunların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü üzerine yapılan bazı önceki çalışmalarda benzer değerler elde edilmiştir. Bu sonuçlara ait değerler Çizelge 7’de karşılaştırma yapılması için gösterilmiştir.

**Çizelge 7.** Bazı ağaç türlerinde belirlenmiş olan eğilme direnci kıyaslamaları

Ağaç Türü	N/mm <sup>2</sup>	Kaynak
Gülibrişim ( <i>Albizia julibrissin</i> )	63.70	Çavuş (2019a)
Kızılağaç ( <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn)	75.98	Çalıova (2011)
Manolya ( <i>Magnolia grandiflora</i> L.)	85.56	Çavuş (2019b)
Yabani kiraz ( <i>Cerasus avium</i> (L.) Monench)	95.39	Aytin (2013)
<b>Kurtbağrı ağacı, (<i>Ligustrum lucidum</i>)</b>	<b>98.66</b>	<b>Tespit</b>
Dişbudak ( <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.)	115.66	Alioğulları (2010)
Dişbudak ( <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.)	126.00	Şahin (2013)

Kurtbağrı odununda belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait sonuç Çizelge 9’da gösterilmektedir. Elastikiyet modülü 6946.26 N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiş olup 4780.69 - 8524.41 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bazı ağaç türlerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülü değerleri Çizelge 8’de verilmiştir.

**Çizelge 8.** Bazı ağaç türlerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülü kıyaslamaları

Ağaç Türü	Elastikiyet modülü (N/mm <sup>2</sup> )	Kaynak
Gülibrişim ( <i>Albizia julibrissin</i> )	5029.00	Çavuş (2019a)
Manolya ( <i>Magnolia grandiflora</i> L.)	6375.66	Çavuş (2019b)
Kokar Ardiç ( <i>Juniperus foetidissima</i> Willd.)	6701.50	Çavuş (2020d)
<b>Kurtbağrı ağacı, (<i>Ligustrum lucidum</i>)</b>	<b>6946.26</b>	<b>Tespit</b>
Kızılağaç ( <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn)	7434.05	Çalıova (2011)
İlgün ( <i>Tamarix aphylla</i> )	7533.00	Mantanis ve Birbilis (2010)
Dişbudak ( <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.)	9876.52	Alioğulları (2010)
Yabani kiraz ( <i>Cerasus avium</i> (L.) Monench)	12793.80	Aytin (2013)
Dişbudak ( <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.)	13651.00	Şahin (2013)

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, kurtbağrı (*Ligustrum lucidum*) odun türünün; eğilmede elastikiyet modülü, eğilme direnci hava kurusu yoğunluk teğet, radyal ve enine yöndeki sertlik ve vida tutma dirençleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre:

- Hava kurusu yoğunluk değeri ortalama  $791.53 \text{ kg/m}^3$  olarak tespit edilmiştir.
- Eğilme direnci değeri  $98.66 \text{ N/mm}^2$  ve eğilmede elastikiyet modülü değeri  $6946.26 \text{ N/mm}^2$  olarak tespit edilmiştir.
- Vida tutma dirençleri teğet, radyal ve enine yüzeylerde sırasıyla 41.04, 43.93 ve 34.77  $\text{N/mm}^2$  olarak ve janka sertlik direnci teğet, radyal ve enine yüzeylerde sırasıyla 82.58, 83.97 ve 101.82  $\text{N/mm}^2$  olarak tespit edilmiştir. Odunun üç temel yönünün, vida tutma direnci ve sertlik üzerinde önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Kurtbağrı odunun vida tutma direnci ve janka sertlik bu üç temel yönde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.
- Kurtbağrı odunu yüksek sertlik derecesi ve eğilme direnci istenilen merdiven, döşeme kaplamasında, parke yapımında, ayakkabı kalıplarında, müzik aletleri yapımında, alet yapımında, oyuncak ve ambalaj yapımında, her türlü tornacılık işlerinde ve mobilya yapımında kullanılabilir.

#### Teşekkür

Bu çalışmada; deneylerin yapılması konusunda değerli katkı ve desteklerini gördüğüm Sayın Prof. Dr. Bekir Cihad BAL'a ve deney numunelerinin temini konusunda üstün çaba ve yardımlarını gördüğüm Nesimi KILIÇ Bey'e sonsuz teşekkür ederim.

#### Kaynaklar

- Alioğulları, S., (2010), Süleymaniye plantasyonlarında uygulanan dikim aralığının dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) odununun bazı mekanik özelliklerine etkisi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ay, N., (2005), Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) odununun janka sertlik değeri, Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 6(1-2), 11-16.
- Ayata, Ü., (2019), İzmir yöresinde yetişen erik, karabiber ve tespih odunlarının statik sertliğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 94-102. DOI: 10.33725/mamad.571364.
- Ayata, Ü., (2020), Ayous odununun bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi ve ısı işlemden sonra renk ve parlaklık özellikleri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 22-33. DOI: 10.33725/mamad.724596.
- Aytin, A., (2013), Yabani kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Bagi, E., Baseri, B., (2021), Pyrolysis of *Ligustrum vulgare* waste and the effects of various operating parameters on bio-oil upgrading, *Biomass Conversion and Biorefinery*, DOI: 10.1007/s13399-021-01374-4.
- Bailey, L.H., (1922), The Standard Cyclopedia of Horticulture, New York, NY: Macmillan, 1859 p.
- Bailey, L.H., (1963), The standard cyclopedia of horticulture, The MacMillan Co.: New York.

- Bal B.C., ve Bektaş İ., (2018), Odunun yoğunluğu ile bazı mekanik özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 51-61.
- Bal, B.C., (2016), The effect of moisture content on the screw holding capacity of birch and pine plywood, International Forestry Symposium-IFS2016, 7-10 December 2016, Proceedings books P: 1020-1026, Kastamonu
- Bektaş, İ., Alma, H., ve Fidan, S., (2005), Doğu Çınarı (*Platanus Orientalis*)'nın lambri yapımına uygunluğunun araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı, Proje No: 2003/1-5: 17.
- Bozkurt, Y., ve Erdin, N., (1995), Yoğunluk ile mekanik özellikler arasındaki ilişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 45(2): 11-34.
- Brosse, J., (1979), Atlas of shrubs and lianes; Bordas Editions: Paris.
- Cothran, J.R., (2003), Gardens and Historic Plants of the Antebellum South, The University of South Carolina Press, 217 p.
- Çalıova, Z., (2011), Kızılağaç ve doğu ladini odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemi etkisi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Çavuş, V., (2019a), İzmir'de yetişen gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununun bazı mekanik ve fiziksel özellikleri ile yüzey özelliklerinin belirlenmesi, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(4), 440-447. DOI: 10.18182/tjf.611994.
- Çavuş, V., (2019b), Manolya (*Magnolia grandiflora* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, MAS 10th International European Conference on Mathematics, *Engineering, Natural & Medical Sciences*, December 14-15, 2019, İzmir, Türkiye, 44-52.
- Çavuş, V., (2020a), Kayısı ağacı (*Prunus armeniaca* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 457-464. DOI: 10.24011/barofd.729707.
- Çavuş, V., (2020b), Çitlembik (*Celtis australis* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, 1st International Hazar Scientific Research Conference, 18-20 September 2020, Baku, Azerbaijan, 912-927.
- Çavuş, V., (2020c), Turunç odununun bazı mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve diğer bazı ağaç odunları ile karşılaştırılması, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 101-109. DOI: 10.33725/mamad.828000.
- Çavuş, V., (2020d), Kokulu ardıç odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bir araştırma, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 1-9. DOI: 10.33725/mamad.717060.
- Çavuş, V., ve Ayata, Ü., (2018), Manolya ağacı, akçaağaç ve tespih ağacı odunlarında vida tutma direnci üzerine bir araştırma, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 94-102. DOI: 10.33725/mamad.496615.
- Dirr, M.A., (2009), Manual of Woody Landscape Plants: Their Identification, Ornamental Characteristics, Culture, Propagation and Uses, 6th ed. Champaign, IL: Stipes. 641 p.
- Efe, F.T., (2020), Japon akçaağaç odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 110-118. DOI: 10.33725/mamad.837309.

- Efe, F.T., ve Bal, B.C., (2016), Yüksek sıcaklıkta ısıtılmış kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununun sertlik değerlerinde meydana gelen değişimler, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, 79-86.
- Enescu, C.M., Loghin C.C., and Ştefan, V., (2015), Wild privet (*Ligustrum vulgare* L.): A Multipurpose Species with an important role in Forest Land Reclamation Journal of Horticulture, *Forestry and Biotechnology*, 19(1), 70-73.
- Göker, Y., As, N., ve Ünsal, Ö., (2001), Kasnak meşesi (*Quercus vulcanica* (Boiss. and Heldr.) Kotschy.) odununun bazı teknolojik özellikleri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51(1), 33-42.
- Gratani, L., and Foti, I., (1998), Estimating forest structure and shade tolerance of the species in a mixed deciduous broad-leaved forest in Abruzzo, Italy, *Annales Botanici Fennici*, 35(2): 75-83.
- Grubb, P.J., Lee, W.G., Kollmann, J., and Wilson, J.B., (1996), Interaction of irradiance and soil nutrient supply on growth of seedlings of ten European tall-shrub species and *Fagus sylvatica*. *Journal of Ecology*, 84(6), 827-840. DOI: 10.2307/2960555.
- Lieutaghi, P., (1975), The book of trees and shrubs; Rizzoli Editore: Milano, Italy.
- Mabey, R., (1979), Plants with a Purpose, Fontana, ISBN 0-00-635555-2.
- Malkoçoğlu, A., (1994), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odununun teknolojik özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Mantanis, G.I., and Birbilis, D., (2010), Physical and mechanical properties of athel wood (*Tamarix aphylla*), *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 82-87.
- Mogosanu, G.D., Buteică, S.A., Purcaru, S.O., Croitoru, O., Georgescu, A.M., Serban, F., Tătăranu, L.G., Alexandru, O., and Dricu, A., (2016), Rationale and in vitro efficacy of *Ligustrum vulgare* hydroalcoholic extract for the treatment of brain tumors, *International Journal of Clinical and Experimental Pathology*, 9(8), 8286-8296.
- Obeso, J.R., and Grubb, P.J., (1993), Fruit maturation the shrub *Ligustrum vulgare* (Oleaceae): lack of defoliation effects, *Oikos*, 68(2), 309-316. DOI: 10.2307/3544844.
- Örs, Y., ve Keskin, H., (2001), Ağaç Malzeme Bilgisi. KOSGEB. Kale Matbaacılık Ofset, Ankara, s. 89-92.
- Pieroni, A., and Pachaly, P., (2000), An ethnopharmacological study on common privet (*Ligustrum vulgare*) and phillyrea (*Phillyrea latifolia*), *Fitoterapia*, 71(1), S89-S94. DOI: 10.1016/S0367-326X(00)00182-9.
- Polunin, O., (1969), Flowers of Europe - A Field Guide, Oxford University Press, ISBN 0192176218.
- Qin, X.K., (2009), A new system of *Ligustrum* (Oleaceae), *Acta Botanica Yunnanica*, 31: 97-116.
- Şahin, H.İ., (2013), Isıtılmış odununun doğal ve plantasyon ormanlarında yetişen dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) odunlarının bazı teknolojik özelliklerine etkisi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Şanıvar, N., ve Zorlu, İ., (1980), Ağaç işleri gereç bilgisi temel ders kitabı, Mesleki Ve Teknik Öğretim Kitapları, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, Etüd ve Programlama Dairesi Yayınları No: 43, 472 sayfa.

- Şofletea, N., and Curtu, L., (2007), *Dendrologie*, Editura Universităţii Transilvania din Braşov, 540 p.
- TS 2470, (1976), Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler, Türkiye Standartlar Enstitüsü, Ankara, 30.
- TS 2472, (1976), Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, Türkiye Standartlar Enstitüsü, Ankara, 31.
- TS 2474, (1976), Odunun statik eğilme dayanımının tayini, Türkiye Standartlar Enstitüsü, Ankara, 32.
- TS 2478, (1976), Odunun statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 34.
- TS EN 13446, (2005), Ahşap esaslı levhalar-Bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini, , Türkiye Standartlar Enstitüsü, Ankara
- Tunçaner, K., As, N., ve Özden, Ö., (2004), Bazı kavak klonlarının büyüme performansları, odunlarının bazı teknolojik özellikleri ve kâğıt üretimine uygunlukları üzerine araştırmalar, Çevre ve Orman Bakanlığı, Yayın No: 212, ISSN:1300-395X MÜDÜRLÜK Yayın No: 239, Teknik Bülten No: 196: 29, Ankara
- Uphof, J.C.Th., (1959), *Dictionary of Economic Plants*, Weinheim.
- URL, 1. file:///C:/Users/DELL/Downloads/LigustrumPollenNewInsightsIntoAllergicDisease. Erişim tarihi: 24-04-2021.
- URL, 2. <https://cdn.istanbul.edu.tr/statics/www.istanbul.edu.tr/wp-content/uploads/>. Erişim tarihi: 24-04-2021
- URL, 3. file:///C:/Users/DELL/Downloads/ANG-5%20-%202016.pdf. Erişim tarihi: 24-04-2021
- URL, 4 [https://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/Yayinlar/0\\_08022018\\_061455\\_kulturpark](https://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/Yayinlar/0_08022018_061455_kulturpark) Erişim tarihi: 24-04-2021.
- URL, 5<https://www.healthbenefitstimes.com/wild-privet/> Erişim tarihi: 24-04-2021.
- Usher, G., (1974), *A Dictionary of Plants Used by Man*. Constable, ISBN 0094579202.
- Weber, E., (2003), *Invasive Plant Species of the World: A Reference Guide to Environmental Weeds*, Cambridge, MA: CBI. 239 p.





### Kavak odununun bazı fiziksel özellikleri üzerine vakum atmosferinde uygulanan ısıtma işleminin etkisi

Bekir Cihad Bal<sup>1\*</sup>, Murat Kılavuz<sup>2</sup>

#### Öz

Odunun istenmeyen özelliklerinin iyileştirilmesi için farklı bazı modifikasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Son yıllarda bu modifikasyon yöntemlerinden olan ısıtma işlemi uygulamaları diğerlerine göre daha fazla uygulanmaya başlanmıştır. Endüstriyel uygulamalarda farklı bazı ısıtma işlemi yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde, ısı taşıyıcı araç, işlem süresi ve işlem sıcaklığı gibi faktörler farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, vakum ortamında, taşınım yöntemiyle ısı iletimi yapılarak uygulanan ısıtma işlemi yönteminde, farklı vakum seviyelerinde ısıtma işleminin kavak odununun bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Testler vakumlu ortamda ve 210 °C sıcaklıkta ve 3 saat süre ile 0, 200, 400, 600 mbar vakum altında uygulanmıştır. Test örneklerinin tam kuru yoğunluk, denge rutubeti miktarı, teğet genişleme, radyal genişleme, boyuna genişleme ile hacmen genişleme yüzdeleri gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler kontrol grubuna göre karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı ANOVA testi ile belirlenmiştir. Birbirlerinden farklılık gösteren gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre; grupların genişleme yüzdeleri arasında istatistiksel olarak önemli seviyede farklılık tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kavak odunu, ısıtma işlemi, vakum atmosferi, fiziksel özellikler

### The effect of heat treatment in vacuum atmosphere on some physical properties of poplar wood

#### Abstract

Some different modification methods are applied to improve the unwanted properties of wood. In recent years, heat treatment application, which is one of these modification methods, has been applied more than others. Some different heat treatment methods are used in industrial applications. In these methods, factors such as heat transfer media, processing time and process temperature differ. In this study, the effect of heat treatment at different vacuum levels on some physical properties of poplar wood was investigated in the heat treatment method applied by convection method in vacuum environment. The tests were carried out in a vacuum oven at 210 °C and under 0, 200, 400, 600 mbar vacuum for 3 hours. Physical properties of the test specimens such as oven dry density, equilibrium moisture content, tangential swelling, radial swelling, longitudinal swelling and volumetric swelling percentage were determined. The obtained data were analysed comparatively with respect to the control group. Whether there was a statistical difference between the groups was determined by the ANOVA test. Groups differing from each other were determined by Duncan test. According to the data obtained; a statistically significant difference was found between the swelling percentages of the groups.

**Keywords:** Poplar wood, heat treatment, vacuum atmosphere, physical properties

Makale tarihçesi: Geliş: 23.04.2021, Kabul: 27.05.2021, Yayınlanma: 28.06.2021. \*e-posta: [bcbal@hotmail.com](mailto:bcbal@hotmail.com).

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş/Türkiye

Atıf: Bal B.C., Kılavuz M., (2021), Kavak odununun bazı fiziksel özellikleri üzerine vakum atmosferinde uygulanan ısıtma işleminin etkisi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4 (1), 30-39, DOI: 10.33725/mamad.926939

## 1 Giriş

Son yıllarda ısı işlem ile ilgili olarak yapılan çalışmaların artması yeni metotların gelişmesine yol açmış ve bu sayede Avrupa pazarında ısı işlem uygulanmış ahşap kullanımını artmıştır. Günümüzde uygulanan birçok farklı ısı işlem metodu bulunmaktadır. Bu metotlar Korkut ve Kocaefe (2009) tarafından şu şekilde not edilmiştir; Thermowood (Finlandiya), PlatoWood-Lignius-Lambowood (Hollanda), Retification process (Retiwood)-New Option wood- Le Bois Perdure (Fransa), Hot Oil treatment (OHT) (Almanya), Calignum (İsvetç), Thermabolite (Rusya), Huber Holz (Avusturya), Wood treatment technology (WTT) (Danimarka), Westwood (Amerika, Kanada, Rusya). Bu metotların hepsi çok yaygın kullanım bulamamıştır. Günümüzde en fazla kullanılan ısı işlem metotları Platowood (Hollanda), Thermowood (Finlandiya), Retification ve Le-Bois Perdure (Fransa) ve Oil-heat treatment wood (Almanya) şeklinde olduğu Korkut ve ark. (2008) tarafından bildirilmiştir.

Türkiye’de odunun ısı işlem yöntemi ile modifiye edilmesi birkaç işletme tarafından uygulanmaktadır. Yöntemin endüstriyel olarak Türkiye’de yaygınlaşmaya başlaması diğer bazı ülkelere göre daha geç olmuştur. Türkiye’de ilk olarak Novawood firması ısı işlem görmüş ahşap malzeme üretimine başlamıştır. Bolu ilinde faaliyet göstermektedir. Bu firma Thermowood yöntemi kullanarak ahşaba ısı işlem uygulamaktadır. Yıllık ortalama 18 000m<sup>3</sup> ısı işlem görmüş ahşap kapasitesine sahiptir. Birçok ülkeye ihracat yapmaktadır (URL1, 2019). Bu firmanın yanında, Antalya ilinde faaliyet gösteren NASwood firması da yine Thermowood® yöntemi kullanarak ısı işlem görmüş ahşap malzeme üreten bir firmadır (URL2, 2019). Sakarya’da faaliyet gösteren TANTimber firması yıllık 11000m<sup>3</sup> kapasite ile çalışmaktadır (URL3 2019).

Önceki çalışmalarda, ısı işlem uygulanan farklı odun örnekleri üzerinde bazı önemli testler yapılmıştır. Yapılan bu testlerle, odun örneklerinin fiziksel özelliklerinde, mekanik özelliklerinde (Jamsa ve Viitaniemi 2001; Emperier ve ark., 2003; Mburu ve ark., 2008; Esteves ve Pereira 2009; Aydemir ve ark., 2011; Bal 2014), kimyasal içeriğinde (Brito ve ark. 2008; Candelier ve ark. 2013a), yüzey renginde, parlaklığında (Ayata ve ark. 2018a; Ayata 2020) ve pürüzlülüğünde (Korkut ve Güller 2008; Ayata ve ark. 2018b) ne gibi değişikliklerin meydana geldiği araştırılmıştır. Özellikle bazı çalışmalarda, ısı taşıma aracının (azot gazı, su buharı, kızgın yağ vs.) ısı işlemin etkisini nasıl değiştirdiği belirlenmeye çalışılmıştır (Michell 1988; Candelier ve ark. 2013a; Candelier 2013b; Candelier ve ark. 2014; Bal 2015).

Isının taşınımı ile ilgili olarak üç farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar; iletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon) ve ışınım (radyasyon) yöntemleridir. İletim yönteminde direk temas eden katı malzemeler vasıtasıyla ısı iletimi yapılmaktadır. Taşınım yönteminde ise hava veya sıvı madde ile ısı taşınmaktadır. Vakum ortamında yapılan ısı işlem metodunda, ortamdaki hava miktarı uygulanan vakumla azaltılmaktadır. ısı işlem gören keresteler, yüzeylerine temas eden metal plakalar vasıtasıyla temas yöntemi ile ısıtılmaktadır. Böylece, daha hızlı ve etkin bir ısı iletimi yapılmaktadır. Ayrıca, vakum ortamında hava miktarı azaltıldığı için, odun bileşenlerinin havadaki oksijenle reaksiyona girip bozulmaları azalmaktadır (Kılavuz 2020).

Bu çalışmanın amacı, vakum ortamında ve taşınım yöntemiyle ısı iletimi yapılarak uygulanan ısı işlem uygulamasında, vakum miktarının etkisi ile, odunun bazı fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimleri araştırmaktır. Bu amaç için, tam kuru yoğunluk, denge rutubeti miktarı, teğet genişleme, radyal genişleme, boyuna genişleme ile hacmen genişleme yüzdeleri gibi fiziksel özellikleri araştırılmıştır.

## 2 Materyal ve Metot

### 2.1 Materyal

Bu çalışmada, testler için kavak (*Populus subsp.*) odunu kullanılmıştır. Kavak odunu Kahramanmaraş ilinde, özel bir kavak yetiştiricisinden tomruk olarak satın alma yoluyla temin edilmiştir. Tomruklar bir kereste atölyesinde biçilmiş ve keresteler elde edilmiştir. Biçme işlemi TS 2470'e göre yapılmıştır. Tomruklar kaba biçme sonrası, tahtalara biçilmiş ve bu haliyle doğal kurutmaya bırakılmıştır. İki aylık süreden sonra bu tahtalardan 2 x 2 x150 cm ölçüsünde çıtalara elde edilmiştir. Bu çıtalardan fiziksel testler için test örnekleri hazırlanmıştır. Aynı çıtalardan yan yana kesilen test örnekleri ile test grupları oluşturularak homojen test grupları elde edilemeye çalışılmıştır.

### 2.2 Metot

Fiziksel özelliklerin tespiti için, dört farklı deney grubu ve birde kontrol grubu olacak gruplar hazırlanmıştır. Test örnekleri hava kuru rutubet haline gelmesi için  $20\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $\%65\pm 5$  bağıl nem şartlarında bekletilmiştir. Daha sonra ısı işlem uygulanmıştır. Kontrol grubuna hiçbir işlem uygulanmamıştır. Vakum uygulanmayan gruba (0 mbar grubu) ısı işlem uygulanmış ancak vakumlu etüv içerisine vakum uygulanmamıştır. Bu grup ile ısı işlemin etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. 200, 400 ve 600 mbar deney grubu için etüv içerisine vakum uygulanmış ve bu şartlarda ısı işlem uygulanmıştır. Bu gruplarda vakumun ve ısı işlemin etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Isı işlem  $210^{\circ}\text{C}$  sıcaklık altında 3 saat boyunca Şekil 1'de görülen vakumlu etüvde devam etmiştir. Bu süreye ısıtma periyodu dahildir. Test örnekleri bu sürenin sonunda etüvden çıkarılmış ve naylon poşetlere bırakılarak hava ile teması önlenmiştir.



Şekil 1. Test örneklerine vakumlu etüvde ısı işlem uygulaması

Tam kuru yoğunluk ölçümleri TS 2472 de belirtilen kriterlere göre yapılmıştır. Rutubet miktarının belirlenmesi için TS 2471 numaralı standarttan yararlanılmıştır. Genişleme miktarının belirlenmesi için TS 4084 ve TS 4086 numaralı standartlar kullanılmıştır. Bu standartlara göre deney parçaları; tabanı 20x20 mm ve lif doğrultusundaki uzunluğu 30 mm olan prizma biçiminde hazırlanmıştır. Deney parçaları kurutma dolabında  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de sıcaklıkta değişmez boyutlara ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Bu durumdaki ölçüleri ve ağırlığı alınmıştır. Daha sonra, deney parçaları ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar bir kap içerisinde  $20\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta damıtık su içerisine 2 hafta süre ile batırılmıştır. Sonra tam yaş haldeki son ölçüleri alınmış ve genişleme yüzdeleri hesaplanmıştır.

Laboratuvar denemeleri sonrası, fiziksel özelliklere ait testlerden elde edilen bulgular Excel programına kaydedilmiş ve düzenlenmiştir. Bazı istatistik değerler (aritmetik ortalama, standart sapma, maksimum değer ve minimum değer) bu program vasıtasıyla elde edilmiştir. Gruplar arasında önemli

bir fark olup olmadığı basit varyans analizi ile (One-Way ANOVA) SPSS programında belirlenmiştir. Duncan testi ile farklılık gösteren gruplar belirlenmiştir.

### 3 Bulgular ve Tartışma

Laboratuvar şartlarında yapılan ısıtma işlem uygulaması sonrası test örnekleri uygun şekilde kondisyonlanmış ve sonra bazı fiziksel özellikler belirlenmiştir. Bu özellikler; tam kuru yoğunluk (TKY), denge rutubeti miktarı (DRM), teğet genişleme (TG), radyal genişleme (RG), boyuna genişleme (BG), hacimsel genişleme (HG) yüzdeleridir. Elde edilen fiziksel özelliklere ait istatistiksel değerlerden (İD), aritmetik ortalama ( $\bar{x}$ ), standart sapma (ss), maksimum değer (mak) ve minimum değer (min) Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde bu fiziksel özelliklerin farklı miktarlarda değiştiği görülmektedir. Kontrol grubuna göre en büyük değişme ise, hiç vakum uygulanmayan (0 mbar) deney grubunda gerçekleştiği görülmektedir. Vakum uygulanan gruplarda en az değişme ise 600 mbar deney grubunda meydana gelmiştir.

**Çizelge 1.** Fiziksel özelliklere ait istatistiksel değerler (Kılavuz 2019)

Gruplar	İD	TKY	DRM	TG	RG	BG	HG
		kg/m <sup>3</sup>	%	%	%	%	%
Kontrol grubu	$\bar{x}$	<b>385</b>	<b>11.5</b>	<b>8.24</b>	<b>3.94</b>	<b>0.47</b>	<b>12.64</b>
	ss	20	0.4	1.18	0.90	0.16	0.73
	mak	447	12.2	9.88	6.08	0.77	13.85
	min	345	10.9	5.44	2.80	0.13	11.08
0 mBar	$\bar{x}$	<b>363</b>	<b>5.7</b>	<b>4.83</b>	<b>2.50</b>	<b>0.29</b>	<b>7.63</b>
	ss	19	0.7	1.26	1.26	0.13	0.90
	mak	408	7.3	6.37	7.98	0.49	8.86
	min	323	4.7	0.25	1.22	0.10	5.83
200 mBar	$\bar{x}$	<b>368</b>	<b>5.8</b>	<b>5.40</b>	<b>2.75</b>	<b>0.26</b>	<b>8.41</b>
	ss	30	1.2	0.82	0.86	0.10	1.11
	mak	452	7.0	6.91	4.81	0.52	10.30
	min	331	4.4	3.48	1.58	0.10	6.06
400 mBar	$\bar{x}$	<b>370</b>	<b>6.0</b>	<b>5.54</b>	<b>2.75</b>	<b>0.25</b>	<b>8.54</b>
	ss	15	0.7	0.85	1.33	0.11	1.75
	mak	406	7.5	7.50	6.12	0.48	12.02
	min	342	4.8	3.61	1.18	0.10	6.37
600 mBar	$\bar{x}$	<b>372</b>	<b>6.3</b>	<b>5.55</b>	<b>2.94</b>	<b>0.27</b>	<b>8.76</b>
	ss	21	0.5	0.79	0.83	0.13	0.88
	mak	423	7.2	6.97	4.54	0.64	10.80
	min	339	5.6	3.99	1.97	0.10	6.63

İD: istatistik değer,  $\bar{x}$ : aritmetik ortalama, ss: standart sapma, mak: maksimum değer, min: minimum değer, TKY: tam kuru yoğunluk, DRM: denge rutubeti miktarı, TG: teğet genişleme, RG: radyal genişleme, BG: boyuna genişleme, HG: hacimsel genişleme yüzdeleridir.

Yapılan laboratuvar denemeleri sonunda elde edilen tam kuru yoğunluk değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. En yüksek yoğunluk değeri 385 kg/m<sup>3</sup> ile kontrol grubunda ve en küçük yoğunluk değeri ise 363 kg/m<sup>3</sup> olarak 0 mbar grubunda vakum uygulanmayan şartlarda yapılan denemeler sonunda elde edilmiştir. Vakum uygulanan gruplardan 600 mbar grubu ısıtma işleminden en az etkilenen grup olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere ait ANOVA testi sonuçları ise aşağıda Çizelge 2’de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde ANOVA testi sonucuna göre gruplar arasında tam kuru yoğunluk değerleri birbirlerinden istatistiksel olarak önemli derecede (P <0.01) farklılık olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 2.** Isıl işlemin yoğunluk üzerine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları

Fiziksel özellik	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F oranı	Önem seviyesi
Tam kuru yoğunluk	Gruplar arası	7966.8	4	1991.69	4.24	0.003*
	Gruplar içi	68060.2	145	469.38		
	Toplam	76027.0	149			
*ileri düzeyde önemli						

Çizelge 2’de ANOVA testi sonuçları verilmiştir. Ancak ANOVA testi sonuçlarında göre hangi grupların birbirlerinden farklılık gösterdiği tespit edilememektedir. Gruplar arasındaki farklılıkları görebilmek için Duncan çoklu ayırım testi yapılmıştır. Duncan testi sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, en küçük yoğunluk değeri 0 mbar grubunda ve en büyük yoğunluk değeri ise kontrol grubunda tespit edilmiştir. 400 ile 600 mbar grupları arasında istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilmemiştir. Buradan elde edilen verilere göre ısıl işlem esnasında vakum uygulanmasının odun bileşenlerindeki bozulmayı azalttığı söylenebilir.

**Çizelge 3.** Tam kuru yoğunluk (TKY) gruplarına ait Duncan testi sonuçları

Gruplar	Örnek sayısı (n)	TKY (kg/m <sup>3</sup> )
0 mBar	30	362 A*
200 mBar	30	368 A
400 mBar	30	370 AB
600 mBar	30	370 AB
Kontrol	30	385 B

\*Birbirlerinde farklılık gösteren gruplar büyük harflerle gösterilmiştir. A en küçük değeri göstermektedir.

Denge rutubeti miktarına (DRM) ait istatistik veriler Çizelge 1’de verilmiştir. Bu test verilerine ait ANOVA testi sonuçları ise Çizelge 4’de gösterilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, yapılan ısıl işlem denemelerinin, denge rutubeti miktarı üzerine çok ileri düzeyde etkili olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.** Isıl işlemin denge rutubetine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları

Fiziksel özellik	Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F oranı	Önem seviyesi
Denge Rutubeti Miktarı	Gruplar arası	750.9	4	187.7	498.4	0.000*
	Gruplar içi	54.6	145	0.4		
	Toplam	805.5	149			
* İstatistiksel olarak çok ileri düzeyde önemli (P< 0.001)						

Yapılan ısıl işlem denemeleri sonunda elde edilen denge rutubeti miktarları arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar olduğunu yapılan ANOVA testi sonucundan anlıyoruz. Ancak, hangi grupların birbirlerinden farklılık gösterdiğini ise Çizelge 5’de verilen

Duncan testi sonuçlarında görebiliriz. Bu çizelge incelendiğinde, 0, 200 ve 400 mbar vakum uygulanan gruplar arasında denge rutubetinin farklılık göstermediği ancak, kontrol grubu ve 600 mbar vakum uygulanan grupların diğerlerinde daha farklı denge rutubeti miktarına sahip oldukları görülmektedir. Özellikle kontrol grubu ile kıyaslandığında ısıtma işlemi uygulanmış olan grupların denge rutubeti miktarının yaklaşık yarı yarıya azaldığı görülmektedir. Isıtma işlemi uygulamasının ahşap malzemeye uygulanarak elde edilmeye çalışılan en önemli çıktılarda birisi ahşabın rutubet alışverişini azaltmaktır.

**Çizelge 5.** Denge rutubeti gruplarının karşılaştırılmasına ait Duncan testi sonuçları

Gruplar	Örnek sayısı (n)	DRM (%)
0 mBar	30	5,7 A
200 mBar	30	5,9 A
400 mBar	30	5,9 A
600 mBar	30	6,3 B
Kontrol	30	11,5 C

Teğet yönde, radyal yönde, boyuna yönde ve hacmen genişleme yüzdelere ait ANOVA testi sonuçları ise Çizelge 6'da aşağıda verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, genişleme yüzdelerinin ısıtma işlemi uygulamasından çok ileri düzeyde önemli derecede ( $P < 0.001$ ) etkilendiği tespit edilmiştir. Çizelgede verilen F değeri göz önüne alındığında ise, en fazla etkilenen değişkenin hacmen genişleme yüzdesi olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.** Genişleme üzerine ısıtma işleminin etkisini gösteren ANOVA testi

Fiziksel özellik	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F oranı	Önem seviyesi
Teğet genişleme	Gruplar arası	213.8	4	53.46	54.08	0.000*
	Gruplar içi	143.3	145	0.99		
	Toplam	357.1	149			
Radyal genişleme	Gruplar arası	37.6	4	9.41	8.48	0.000
	Gruplar içi	160.9	145	1.11		
	Toplam	198.5	149			
Boyuna genişleme	Gruplar arası	0.8	4	0.20	10.95	0.000
	Gruplar içi	2.7	145	0.02		
	Toplam	3.5	149			
Hacmen genişleme	Gruplar arası	466.8	4	116.69	92.99	0.000
	Gruplar içi	182.0	145	1.25		
	Toplam	648.7	149			

\* İstatistiksel olarak çok ileri düzeyde önemli ( $P < 0.001$ )

Yapılan ANOVA testi sonucunda kavak odununun ısıtma işlemi uygulamasında çok ileri düzeyde önemli derecede etkilendiği ve gruplar arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Birbirlerinden farklılık gösteren grupları belirlemek için Duncan çoklu ayırım testi yapılmıştır. Yapılan bu test sonucunda elde edilen veriler Çizelge 7'de verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, teğet genişleme ve hacmen genişleme değerlerinin, kontrol grubu ile 600 mBar vakum uygulanan grubun diğer gruplardan farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Radyal ve

boyuna genişleme yüzdelerinde kontrol grubundan farklılık vardır, ancak, deney grupları arasında farklılık belirlenmemiştir.

**Çizelge 7.** Genişleme miktarları gruplarına ait Duncan testi sonuçları

Gruplar	Örnek sayısı (n)	TG* (%)	RG (%)	BG (%)	HG (%)
0 mBar	30	4.8 A	2.5 A	0.27 A	7.6 A
200 mBar	30	5.4 AB	2.7 A	0.27 A	8.4 AB
400 mBar	30	5.5 AB	2.7 A	0.28 A	8.5 B
600 mBar	30	5.6 B	2.9 A	0.30 A	8.7 B
Kontrol	30	8.2 C	3.9 B	0.46 B	12.6 C

\*TG: teğet genişleme, RG: Radyal genişleme, BG: Boyuna genişleme, HG: Hacmen genişleme

Bu çalışmada, 5 grup test örneği oluşturulmuş ve bu test örneklerinin bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Vakum altında ısı işlem uygulanan gruplardan yoğunluğu, denge rutubeti ve genişleme yüzdeleri en fazla azalan grup 200 mbar vakum uygulanan grup olmuştur. Elde edilen bulgulara göre; ısı işlem uygulamasının kavak odununun burada denenen fiziksel özelliklerini azalttığı belirlenmiştir. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda, diğer bazı araştırmacılar tarafından da benzer sonuçlar rapor edilmiştir. (Bekta ve Niemz 2003; Korkut ve ark., 2008; Esteves ve Pereira 2009; Gündüz ve ark., 2009; Korkut ve Kocafe 2009; Bal ve Bektaş 2012; Bal 2013a, b; Aydemir ve Gündüz 2009; Orhan 2017; Bal 2018). Yapılan bu çalışmalarda, özellikle, fiziksel özelliklerden denge rutubetinin azalmasının ve genişleme miktarının azalmasının ahşap malzemenin kullanım yerinde uzun yıllar sorunsuz kullanılabilmesi açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Denge rutubetinin düşmesi, odunun içinde bulunduğu ortamdan daha az rutubet almasını sağlamaktadır. Böylece, daralma ve genişleme gibi odun-su ilişkilerine bağlı olarak gelişen fiziksel olaylar azalmaktadır. Odun ne kadar az hücre çeperine su bağlarsa o kadar az genişler. Böylece, kullanım yerinde servis süresince meydana gelen rutubet alışverişleri sonunda ahşap malzemenin genişleme ve daralması sonunda oluşan deformasyonun önüne geçilmiş olur.

Bu çalışma sonunda elde edilen ikinci önemli sonuç vakum miktarının fiziksel özellikler üzerine olan etkisidir. Isıl işlem esnasında uygulanan vakum ahşabın daha az zarar görmesine neden olmuştur. Odunun genişleme miktarındaki azalma vakum miktarı arttıkça azalmıştır. Bunun en önemli nedeni, ısı işlem esnasında, odun bileşenleri başta hemiselülozlar olmak üzere bozulmaya başlar. Sıcaklık arttıkça selüloz ve ligninde zarar görülür (Mburu ve ark., 2008; Esteves and Pereira 2009; Korkut ve Kocafe 2009). Ekstraktif madde miktarı ve lignin miktarı artar (Brito ve ark.2008), yüksek sıcaklıkta ısı işlem uygulaması hidroksil gruplarını azaltır (Aydemir ve ark., 2011). Ancak, ısı işlem uygulanan odun oksijen ile teması azaltılır veya tamamen engellenirse bu durumda, hücre bileşenlerinin oksijenle reaksiyona girmesi önlenir ve sonuçta odun daha az zarar görülür. Bu nedenle, bazı ısı işlem metodlarında azot gazı veya sıcak bitkisel yağ veya doymuş buhar kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, vakum miktarının etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bazı önceki çalışmalarda, farklı ortamlarda ısı işlemin odun özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Michell (1998), Candelier ve ark., (2013a) ve Emperier (2003) azot gazı varlığında ve vakum altında yapılan ısı işlemin odunun kimyasal bileşenleri ve biyolojik dayanıklılığı üzerine etkisi araştırılmıştır. Candelier ve ark., (2013b) ve Candelier ve ark. (2014) ve Bal (2018) tarafından yapılan çalışmada ise azot gazı altında ve vakum atmosferinde yapılan ısı işlemin odunun mekanik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bir başka çalışmada ise normal atmosfer ortamında ve sıcak bitkisel yağ içerisinde yapılan ısı işlemin odunun fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir (Bal 2015). Bu çalışmalarda elde edilen verilere göre ısı işlem uygulaması esnasında kullanılan ısı taşıyıcıya göre (hava, yağ, azot gazı, su buharı, vakum) ısı işlemin

odun özellikleri üzerine etkisi farklı olmaktadır. Endüstriyel olarak vakum altında yapılan ısı işlem uygulaması esnasında, ısı ahşap malzemeye metal plakalar vasıtasıyla iletilmektedir. Isı iletim (kondüksiyon) yöntemi ile yapılmaktadır. İletim yönteminde direk temas eden katı malzemeler vasıtasıyla ısı iletimi yapılmaktadır. Taşınım yönteminde ise hava veya sıvı madde ile ısı taşınmaktadır. Vakum ortamında yapılan ısı işlem metodunda, ortamdaki hava miktarı uygulanan vakumla azaltılmaktadır. Isıl işlem gören ahşap malzeme, yüzeylerine temas eden metal plakalar vasıtasıyla temas yöntemi ile ısıtılmaktadır. Böylece, daha hızlı ve etkin bir ısı iletimi yapılmaktadır. Ayrıca, vakum ortamında hava miktarı azaltıldığı için, odun bileşenlerinin havadaki oksijenle reaksiyona girip bozulmaları azaltılmaktadır. Elde edilen verilere göre; vakum miktarı arttıkça fiziksel özelliklerde vakum uygulanmayan gruba göre artış kaydedilmiştir. Bu durum fiziksel özellikler bakımından istenmeyen bir durumdur.

#### **4 Sonuçlar ve Öneriler**

Bu çalışmada, vakum ortamında ve taşınım yöntemiyle ısı iletimi yapılarak uygulanan ısı işlem uygulamasında, vakum miktarının etkisi ile, odunun bazı fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimler araştırılmıştır. Bu amaç için, tam kuru yoğunluk, denge rutubeti miktarı, teğet genişleme, radyal genişleme, boyuna genişleme ile hacmen genişleme yüzdeleri gibi fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre;

- Yapılan bu çalışmada, vakum altında yapılan ısı işlem uygulaması esnasında vakum miktarının değişmesi ile odunun fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimler tespit edilmiştir.
- Yoğunluk miktarı, denge rutubeti miktarı ve teğet, radyal ve boyuna yönde genişleme miktarları azalmıştır. Bu azalmalar en fazla vakum uygulanmayan (0 mBar) grupta elde edilmiştir.
- Bu çalışmada ölçülen fiziksel özelliklerden, vakum uygulanan gruplarda en fazla azalma 200 mBar grubunda bulunan test örneklerinde meydana gelmiştir.
- Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, vakum altında uygulanan ısı işleminin odunun kimyasal özellikleri üzerine etkisinin araştırılması önerilir.

#### **Teşekkür**

Bu makale, Murat Kılavuz isimli yazarın “Vakum atmosferinde yapılan ısı işleminin kavak odununun teknolojik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması” başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışma herhangi bir fon tarafından desteklenmemiştir.

#### **Kaynaklar**

- Ayata, Ü., Gürleyen, T., Gürleyen, L., (2018a), Effect of heat treatment on color and glossiness properties of zebrano, sapelli and merbau woods, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), 11-20, DOI: 10.33725/mamad.428913
- Ayata, Ü., Gürleyen, T., Gürleyen, L., Çakıcıer, N., (2018b), Determination of surface roughness parameters of heat-treated and untreated scotch pine, oak and beech woods. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), 46-50, DOI: 10.33725/mamad.433945
- Ayata, Ü., (2020), Ayous odununun bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi ve ısı işleminden sonra renk ve parlaklık özellikleri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3 (1), 22-33, DOI: 10.33725/mamad.724596
- Aydemir, D., Gündüz, G., (2009), Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekaniksel ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 15; 71–81.






- Aydemir, D., Gündüz, G., Altuntas, E., Ertas, M., Sahin, H. T., Alma, M. H., (2011), Investigating changes in the chemical constituents and dimensional stability of heat-treated hornbeam and Uludağ fir wood, *BioResources*, 6(2), 1308-1321.
- Bal, B.C., Bektaş, İ., (2012), The effects of heat treatment on the physical properties of juvenile wood and mature wood of *Eucalyptus grandis*. *Bioresources*, 7(4), 5117-5127.
- Bal, B.C. (2013a), Effects of Heat Treatment on the Physical Properties of Heartwood and Sapwood of *Cedrus Libani*, *Bioresources*, 8(1), 211-219.
- Bal, B.C. (2013b), A Comparative Study of the Physical Properties of Thermally Treated Poplar Wood and Plane Wood, *Bioresources*, 8(4), 6493-6500.
- Bal, B.C., (2014), Some physical and mechanical properties of thermally modified juvenile and mature black pine wood, *European Journal of Wood and Wood Products*, 72, 61–66, DOI: 10.1007/s00107-013-0753-9
- Bal, B.C. (2015), Physical properties of beech wood thermally modified in hot oil and in hot air at various temperatures, *Maderas: Ciencia y Tecnologia*, 17(4), 789-798.
- Bal, BC, (2018), A Comparative Study of Some of the Mechanical Properties of Pine Wood Treated in Vacuum, Nitrogen, and Air Atmospheres, *Bioresources*, 13(3), 5504-5511.
- Bekhta, P., P. Niemz (2003), Effect of high temperature on the change in colour, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood, *Holzforschung* 57:539–546.
- Brito, J.O., Silva, F.G., L Eao, M.M. Almeida, G., (2008), Chemical Composition changes in *Eucalyptus* and *Pinus* Woods submitted to Heat Treatment, *Bioresource Technology*, 99 (2008) 8545-8548. 10.1016/j.biortech.2008.03.069
- Candelier, K., Dumarçay, S., Párisans, A., Desharnais, L., Gérardin, P., Párisans, M. (2013a), Comparison of chemical composition and decay durability of heat-treated wood cured under different inert atmospheres: Nitrogen or vacuum. *Polymer degradation and Stability*, 98(2), 677-681. DOI:10.1016/j.polymdegradstab.2012.10.022
- Candelier, K., Dumarçay, S., Párisans, A., Gérardin, P., Párisans, M. (2013b), Comparison of mechanical properties of heat-treated beech wood cured under nitrogen or vacuum. *Polymer degradation and stability*, 98(9), 1762-1765. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab. 2013.05.026
- Candelier, K., Dumarçay, S., Párisans, A., Gérardin, P., Párisans, M. (2014), Advantage of vacuum versus nitrogen to achieve inert atmosphere during, *Pro Ligno*, 10(4), 10-17.
- Epmeier, H., M. Westin, A.O. Rapp and T. Nilsson (2003), Comparison of Properties of Wood Modified by 8 Different Methods - Durability, Mechanical and Physical Properties. The First European Conference on Wood Modification Ghent, Belgium. 9080656526
- Esteves, BM., Pereira, HM. (2009), Wood modification by heat treatment: A review, *BioResources* 4(1), 370-404
- Gunduz G, Aydemir D, Kaygin B, Aytekin A., (2009), The Effect of Treatment Time on Dimensionally Stability, Moisture Content and Mechanical Properties of Heat-Treated Anatolian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Wood. *Wood Research* 54 (2), 117-126.
- Jamsa S, Viitaniemi P (2001), Heat treatment of wood - Better durability without chemicals, Review on heat treatments of wood, In proceedings of Special Seminar held in Antibes, France.

- Kılavuz M., (2019), Vakum atmosferinde yapılan ısıtılma işleminin kavak odununun teknolojik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Korkut D.S., Güller B., (2008), The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood, *Bioresource technology*, 99 (2008) 2846-2851.
- Korkut, S., Korkut, D.S., Bekar İ., (2008), Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıtılma İşleminin Etkisi, I. Okaliptüs sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus-Türkiye.
- Korkut, S., Kocaefe, D., (2009), Isıtılma İşleminin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi. Düzce Üniversitesi Ormancılık dergisi, 5(2), 11-34.
- Mburu, F., Dumarçay, S., Bocquet, J.F., Petrissans, M. and Gerardin, P., (2008), Effect of Chemical Modifications Caused by Heat Treatment on Mechanical Properties of *Grevillea robusta* Wood, *Polymer Degradation and Stability* 93 (2008) 401-405.
- Michell, P. H., (1988), Irreversible property changes of small loblolly pine specimens heated in air, nitrogen, or oxygen, *Wood and Fiber Science*,20(3), 320-335.
- Orhan H., (2017), Kavak Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Azot Gazı Varlığında Yapılan Isıtılma İşleminin Etkilerinin Belirlenmesi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- TS 2470 Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2471 Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2472 Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Hacim Yoğunluk Değerinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 4084, Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini, TSE, Ankara.
- TS 4086 Odunda Hacimsel Şişmenin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- URL1, (2019), <http://www.novawood.com/>, son erişim tarihi; 29.06.2019.
- URL2, (2019), <http://www.nashouse.com.tr>, son erişim tarihi; 29.06.2019.
- URL3, (2019), <https://www.tantimber.com/tr>, son erişim tarihi; 29.06.2019.



### İç mekânda kullanılan UV sistem parke verniği uygulanmış kayısı odununda yapay yaşlandırma performansının belirlenmesi

Ümit Ayata<sup>1\*</sup> , Nevzat Çakıcıer<sup>2</sup> , Levent Gürleyen<sup>3</sup> 

#### Öz

Kayısı ağacı meyvesi için bol miktarda yetiştirilmektedir. Kayısı odunu farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odununa uygulanmış ultraviyole (UV) sistem parke vernikli katmanların yapay yaşlandırma karşısındaki performansını belirlemektir. Bu amaç ile kayısı odunu yüzeylerine endüstriyel uygulamalara uygun olarak 3 ve 5 kat olacak şekilde UV sistem parke verniği uygulanmıştır. Elde edilen malzemeler, UVA-340 lambalı hızlandırılmış bir yaşlandırma cihazında 252 ve 504 saat süreyle maruz bırakılmıştır. Daha sonra, yaşlandırma sonrası ışıklılık ( $L^*$ ), kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu, sarı ( $b^*$ ) renk tonu, 20°, 60° ve 85° de liflere dik ( $\perp$ ) ve paralel ( $//$ ) parlaklık değerleri, yapışma direnci ve sarkaç sertliği (könig yöntemi) testleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, bütün testler için varyans analizler anlamlı olarak elde edilmiştir. Yaşlandırmadan sonra her iki vernik uygulaması için, bütün parlaklık değerleri, sarı renk tonu ve ışıklılık değerleri azalırken, kırmızı renk tonu değerleri artmıştır. 3 katlı uygulamada sertlik azalırken yapışma direnci artmış olup, 5 kat uygulama zıt bir sonuç vermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kayısı odunu, yapay yaşlandırma, renk, parlaklık, salımsal sertlik

### Determination of the artificial aging performance of the apricot wood applied with UV system parquet varnish used indoors

#### Abstract

Abundantly grown for apricot tree fruit. Apricot wood is used for different purposes. The aim of this study is to determine the performance of the ultraviolet (UV) system parquet varnished layers against artificial aging applied to apricot (*Prunus armeniaca* L.) wood. For this purpose, UV system parquet varnish was applied on apricot wood surfaces in 3 and 5 layers in accordance with industrial applications. The materials obtained were exposed for 252 and 504 h in an accelerated aging device with UVA-340 lamp. After aging, lightness ( $L^*$ ), red ( $a^*$ ) color tone, yellow ( $b^*$ ) color tone, perpendicular ( $\perp$ ) and parallel ( $//$ ) glossiness values to the fibers at 20°, 60° and 85°, adhesion resistance and pendulum hardness (könig method) tests were determined. According to the results of the research, variance analysis was obtained significantly for all tests. After aging, for both varnish applications, all glossiness values, yellow color tone and lightness values decreased, while red color tone values increased. While the hardness decreased in the 3-layer application, the adhesion resistance was increased, and the 5-layer application gave an opposite result.

**Keywords:** Apricot wood, weathering aging, color, glossiness, pendulum hardness

Makale tarihçesi: Gelis:19.04.2021, Kabul:19.05.2021, Yayınlanma:28.06.2021, \*e-posta: umitayata@bayburt.edu.tr

<sup>1</sup>Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye

<sup>3</sup>Gölyaka Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Gölyaka, Düzce, Türkiye

Atıf: Ayata, Ü., Çakıcıer, N., Gürleyen, L., (2021), İç mekânda kullanılan UV sistem parke verniği uygulanmış kayısı odununda yapay yaşlandırma performansının belirlenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 40-50, DOI: 10.33725/mamad.922311

## 1. Giriş

Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) Rosaceae ailesinin bir üyesidir. Zengin bir vitamin ve mineral kaynağı olan kayısı meyvesi, dünya çapında en tanınan meyve ürünlerinden birisidir (Baytop, 1999). Kayısı, dünya çapında ılıman ve subtropikal bölgelerde yetişmektedir (Anonim, 2002).

Literatüre bakıldığında, kayısı odununda; elastiklik oranı 50.37, lif çeper kalınlığı 3.19  $\mu\text{m}$ , lif lümen genişliği 5.69  $\mu\text{m}$ , lif genişliği 12.08  $\mu\text{m}$ , lif uzunluğu 0.69 mm, rijidite katsayısı 24.81, Keçeleşme oranı 55.09, Runkel oranı 0.99 (Gençer ve ark., 2018), hava kurusu yoğunluk değerleri 815  $\text{kg/m}^3$  (Ayata ve Bal, 2019) ve 788  $\text{kg/m}^3$  (Çavuş, 2020), çivi tutma direnci teğet yüzeyde 16.05  $\text{N/mm}^2$ , radyal yüzeyde 21.07  $\text{N/mm}^2$ , enine yüzeyde 21.83  $\text{N/mm}^2$  (Ayata ve Bal, 2019), dinamik eğilme (şok) direnci 2.32  $\text{kJ/m}^2$ , eğilme direnci 81.88.00  $\text{N/mm}^2$ , eğilmede elastikiyet modülü 6569.00  $\text{N/mm}^2$ , vida tutma kapasitesi radyal yönde 47.34  $\text{N/mm}^2$ , teğet yönde 48.89  $\text{N/mm}^2$  ve boyuna yönde 44.38  $\text{N/mm}^2$  (Çavuş, 2020) olarak belirlenmiştir. Kayısı ağacına ait ahşap malzeme, odunu müzik aletleri yapımında, tornacılıkta, bıçak kulpları yapımında ve oymacılıkta kullanılmaktadır (URL 1).

UV vernikleri, UV radyasyonu altında polimerize olan ve sert bir film oluşturan reaktif reçineler içermektedir. Ana bileşenleri oligomerler, monomerler, prepolimerler ve foto başlatıcıları olmaktadır (Kipphan, 2001). Literatürde; gülbrişim (*Albizia julibrissin*) (Gürleyen, 2020), dişbudak (*Fraxinus excelsior*) (ısıl işlemler 212°C'de 2 saat) (Ayata ve ark., 2017b), üvez (*Sorbus* L.) (Gürleyen ve ark., 2017b), ceviz (*Juglans regia*) Amerikan ceviz (*Juglans nigra*), kırmızı Amerikan meşesi (*Quercus rubra*), akçaağaç (*Acer pseudoplatanus* L.) (Ayata ve ark., 2018), meşe (*Quercus petraea* L.) (Gürleyen ve ark., 2019), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) (Gürleyen ve ark., 2017a), kestane (*Castanea sativa* Mill.), limba (*Terminalia superba*), iroko (*Chlorophora excelsa*), sapelli (*Entandrophragma cylindrosum*) (Ayata ve Çavuş, 2018), limon (*Citrus limon* (L.) Burm.) (Ayata, 2019), kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) (Ayata ve ark., 2017a), doussie (*Azalia africana*) (Gürleyen, 2021), şeker akçaağacı (*Acer saccharum*) (Vardanyan ve ark., 2014) ve adi kızılbaş (*Alnus glutinosa* Gaertn L.) (Salca ve ark., 2016) odunu türlerine tek ve çift kat olacak şekilde UV sistem verniklerin uygulandığı görülmektedir. UV sistem verniklenmiş malzemeler üzerinde çeşitli testlerin (renk, parlaklık, yüzeye yapışma ve salınımsal sertlik) yapıldığı bildirilmiştir.

Literatürde kayısı odununa ait sınırlı sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır ve vernik uygulamaları konusunda yeterli bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı; kayısı odunundan hazırlanmış yüzeylere endüstriyel uygulamalara uygun olarak 3 ve 5 kat UV sistem parke verniği uygulanması ve UVA-340 lambalarının bulunduğu bir hızlandırılmış yaşlandırma cihazında 252 ve 504 saat sürelerine maruz bırakılması sonrası çeşitli testlerle yapay yaşlandırma performansının araştırılmasıdır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odunu İzmir'de bulunan bir kereste satıcısından temin edilmiştir. Malzemeler lif kıvrıklığı sorunu olmayan, mantar ve böcek kusuru olmayan, ardaksız ve budaksız olacak şekilde rastgele seçim yöntemi ile alınmıştır. 100 x 10 x 2 cm boyutlarında hazırlanmış 30 adet deney örneği biçme ve rendeleme işlemlerinden geçirdikten sonra iklimlendirme işlemleri yapılmıştır (TS 2471, 1976).

## 2.2. Metot

### 2.2.1. UV sistem parke verniklerinin uygulaması

Bu çalışmada kayısı odununa (100 cm x 10 cm x 1,7 cm boyutlarında) KPS firması (Düzce, Türkiye) tarafından endüstriyel uygulamalara göre, UV vernikleri (3 ve 5 kat) uygulanmıştır. UV sistem parke üretim aşamaları (3 ve 5 kat) Çizelge 1’de verilmiştir. Uygulamada kullanılan kimyasallara ait özellikler Ayata (2019) tarafından yapılan çalışmada ayrıntılı olarak bildirilmiştir.

**Çizelge 1.** UV sistem parke verniği üretim aşamaları (3 ve 5 kat)

3 kat uygulaması	5 kat uygulaması
Kalibre zımpara uygulaması (80 ve 120 kum)	
Şeffaf UV kürlenmeli hidro astar (T8028-0000) 10 g/m <sup>2</sup> (70 °C)	
UV yüksek parlaklıkta perde kaplama (T9120-0900N1) 8 g/m <sup>2</sup>	UV şeffaf kürlenmiş sızdırmazlık macunu (T9110-0000H) 20 g/m <sup>2</sup> (70 °C)
UV lamba kurutma uygulaması (177 mJ/cm <sup>2</sup> ) (2 defa)	UV şeffaf kürlenmiş sızdırmazlık macunu (T9110-0000) 10 g/m <sup>2</sup> (170 °C) (2 defa)
Kalibre zımparalama işlemi (280 ve 320 kum)	
Şeffaf mat UV yağı (T9115-0000) (8 g/m <sup>2</sup> )	
UV lamba kurutma uygulaması (71 mJ/cm <sup>2</sup> )	
Şeffaf mat UV yağı (T9115-0000) (8 g/m <sup>2</sup> )	
UV lamba kurutma uygulaması (314 mJ/cm <sup>2</sup> ) (2 defa)	

### 2.2.2. Hızlandırılmış yaşlandırma uygulaması

UV sistem parke verniğine (3 ve 5 kat) sahip test numuneleri, ISO 4892-3 (2016) standardına göre QUV weathering tester (Q-Lab, Westlake, OH, US) cihazında 0.67 ışık yoğunluğu, 15 dakika su spreyi, 8 saat UV ışık, 50 °C sıcaklık ortamına sahip koşullarda, UV-A 340 lambalarına 252 ve 504 saatleri süresince maruz bırakılmıştır.

### 2.2.3. Parlaklık ölçümlerinin yapılması

Yaşlandırılmış ve yaşlandırılmamış UV sistem parke vernikli test örneklerinin parlaklık değerleri ISO 2813 (1994) standardına göre, ETB-0833 model glossmeter cihazında (Vetus Electronic Technology Co., Ltd., CN) 20°, 60° ve 85°’de liflere paralel (//) ve dik (⊥) olacak şekilde yapılmıştır.

### 2.2.4. Renk parametrelerinin belirlenmesi

UV sistem verniklenmiş test örneklerin kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu, sarı renk ( $b^*$ ) tonu ve ışıklılık ( $L^*$ ) değerleri ASTM D2244-3 (2007) standardına göre, 5 örnek üzerinde CS-10 colorimeter (CHN Spec, Çin) marka renk cihazında [Ölçüm koşulları: CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, Aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağınlık aydınlatma)] ölçülmüştür. CIELAB sisteminde,  $L^*$  eksenini, 100’den (beyaz) sıfıra (siyah) kadar değişen açıklığı,  $a^*$  kırmızı (+) ila yeşil (-) tonu ve  $b^*$  sarıdan (+) maviye (-) tonu ifade etmektedir (Ayata, 2019).  $\Delta b^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta E^*$  ve  $\Delta a^*$  değerleri aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır.

$$\Delta a^* = a^*_{UV \text{ uygulanmış ve yaşlandırılmış}} - a^*_{UV \text{ uygulanmış ve yaşlandırılmamış}} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = L^*_{UV \text{ uygulanmış ve yaşlandırılmış}} - L^*_{UV \text{ uygulanmış ve yaşlandırılmamış}} \quad (2)$$

$$\Delta b^* = b^*_{UV \text{ uygulanmış ve yaşlandırılmış}} - b^*_{UV \text{ uygulanmış ve yaşlandırılmamış}} \quad (3)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (4)$$

### 2.2.5. Köniğ metoduna göre salınımsal sertlik değerinin belirlenmesi

ASTM D 4366-95 (1984)'e standardı doğrultusunda köniğ metoduna göre salınımsal sertlik testi yaşlandırılmış ve yaşlandırılmamış test örnekleri üzerinde belirlenmiştir. Sertlik cihazında HRC sertliğinde  $63 \pm 3.3$  ve  $5 \pm 0.0005$  mm çapında iki adet bilye bulunmaktadır.

### 2.2.6. Yüzeğe yapışma direncinin belirlenmesi

Vernikli numunelere ait yüzeğe yapışma direnci değerleri PosiTest AT-A (automatic) pull-off Adhesion Tester (Defelsko® corp., S/N AT11802, USA) cihazında ASTM D 4541 (1995) standardına göre belirlenmiştir. Araştırmada, 404 plastik çelik marka (Çekmeköy/İstanbul) hızlı yapıştırıcı (reçine ve katalizör) kullanılmıştır. UV sistem vernik uygulanmış test örneklerine ait yüzeyler 20 mm olan çekme silindirleri normal oda sıcaklığında ( $20^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) yapıştırılmış olup, 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Yapışma direnci 5 no'lu formül ile hesaplanmıştır.

$$X = [(4 \times F) / (\pi \times d^2)] \quad (5)$$

Burada;

X: yapışma direnci ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),

F: kopma anındaki kuvvet (Newton)

d : çekme silindirinin çapını (mm) ifade etmektedir.

### 2.3. İstatistiksel analiz

Bu çalışmada, bir SPSS programı yardımıyla homojenlik grupları, standart sapmalar, minimum ve maksimum değerler, ortalama ve varyans analizi belirlenmiştir. Toplamda 1170 adet (parlaklık 720 + renk 360 + salınımsal sertlik 60 + yüzey yapışma direnci 30) ölçüm alınmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Renk parametreleri için belirlenmiş olan varyans analizlerine ait sonuçlar Çizelge 2'de göstermiştir. Belirlenmiş olan bu verilere göre,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  parametreleri için vernik türü (A), yaşlandırma süresi (B) ve etkileşim (AB) anlamlı olarak elde edilmiştir.

**Çizelge 2.** Renk parametreleri için varyans analizlerine ait sonuçlar

Test	Varyans Kaynağı	Kareler	Serbestlik	Ortalama	F değeri	$\alpha \leq 0,05$
$L^*$	Vernik Türü (A)	139.623	1	139.623	236.923	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	13242.449	2	6621.225	11235.414	0.000*
	Etkileşim (AB)	75.477	2	37.739	64.038	0.000*
$a^*$	Vernik Türü (A)	171.650	1	171.650	399.870	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	4583.606	2	2291.803	5338.911	0.000*
	Etkileşim (AB)	109.618	2	54.809	127.681	0.000*
$b^*$	Vernik Türü (A)	17.526	1	17.526	43.580	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	6110.828	2	3055.414	7597.411	0.000*
	Etkileşim (AB)	54.138	2	27.069	67.308	0.000*

*L\**: Işıklılık değeri, *a\**: Kırmızı renk tonu değeri, *b\**: Sarı renk tonu değeri, \*: Anlamlı

Renk parametreleri için SPSS sonuçları ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelge 3’e göre,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri 3 ve 5 katmanlı UV sistem katmanlarına ait kontrol test örneklerinde çok benzer sonuçlara sahiptir. 3 ve 5 katmanlı uygulamalar için sırasıyla,  $L^* = 58.06$  ve  $58.13$ ,  $a^* = 12.88$  ve  $13.07$  ve  $b^* = 30.72$  ve  $31.22$  olarak elde edilmiştir.

Buna benzer sonuçlar Gürleyen ve ark., (2017c) tarafından yapılan tek ve çift kat UV sistem vernik uygulamasına sahip odun türlerinde de elde edilmiştir. Yaşlandırmadan sonra her iki vernik türü için,  $L^*$  ve  $b^*$  tonu değerleri azalırken,  $a^*$  tonu değerlerinin arttığı görülmüş olup, bu parametrelere ait artış ve azalış yüzdeleri Çizelge 3’de verilmiştir. 252 saatlik yaşlandırma uygulaması sonunda her iki UV vernik uygulaması için  $a^*$  tonu değerleri artmış, 504 saat sonunda hafif bir düşüş göstermiştir.

Söğütü ve Sönmez (2006) tarafından  $L^*$  değerindeki artışın görülmesi daha açık renk anlamı verdiği, azalışın görülmesi ise koyulaşması anlamına geldiği şeklinde bildirilmiştir.

**Çizelge 3.** Renk parametrelerine ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) ait sonuçlar

Test	Vernik Türü	Yaşlandırma Süresi	N	Ortalama	Yaşlandırma Sonrası (%)		SS	Homojenlik Grubu	Mini-mum	Maksimum
					Azalma	Artış				
$L^*$	3 Kat	Kontrol	20	58.06	-	-	1.13	A	56.22	60.18
		252 saat	20	35.61	38.67	-	0.39	C	35.00	36.23
		504 saat	20	33.16	42.89	-	0.42	D**	32.48	33.84
	5 Kat	Kontrol	20	58.13	-	-	1.32	A*	54.70	59.95
		252 saat	20	39.53	32.00	-	0.32	B	39.07	40.16
		504 saat	20	35.64	38.69	-	0.32	C	34.57	35.93
$a^*$	3 Kat	Kontrol	20	12.88	-	-	0.65	E**	11.28	14.01
		252 saat	20	29.03	-	125.39	0.31	A*	28.59	29.70
		504 saat	20	26.66	-	106.99	0.75	B	25.83	28.73
	5 Kat	Kontrol	20	13.07	-	-	0.61	E	12.17	14.06
		252 saat	20	24.67	-	88.75	0.88	C	22.40	25.72
		504 saat	20	23.66	-	81.03	0.60	D	22.80	25.15
$b^*$	3 Kat	Kontrol	20	30.72	-	-	0.47	B	30.03	31.70
		252 saat	20	18.10	41.08	-	0.54	C	17.24	19.12
		504 saat	20	15.64	49.09	-	0.57	D	14.92	16.91
	5 Kat	Kontrol	20	31.22	-	-	0.23	A*	30.83	31.58
		252 saat	20	17.93	42.57	-	0.56	C	16.99	18.74
		504 saat	20	13.02	58.30	-	1.10	E**	11.61	14.97

N: Ölçüm sayısı, SS: Standart sapma, \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer

3 ve 5 kat UV sistem parke verniklerine ait katmanların yaşlandırma sonlarında metot bölümünde verilen renk formülleriyle hesaplanan toplam renk farklarına ait sonuçlar Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4’de verilen sonuçlara göre; her iki vernik için toplam renk farkı değerlerinin arttığı görülmüştür. Yaşlandırma süresinin 252 saatten 504 saate çıktığı uygulamalarda 5 kat uygulamada toplam renk farkı değerleri, 3 kat uygulamaya göre daha az elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak; 3 kat uygulamada kullanılan UV perde kaplama yüksek parlaklık kimyasalının, 5 kat uygulamada kullanılan UV şeffaf kürlenme sızdırmazlık macunları kimyasallarına göre QUV test cihazında uygulanan yapay yaşlandırmaya karşı daha koyu bir ton oluşturduğu söylenebilir. Payne (1965) tarafından yapılan bir çalışmada hızlandırılmış yaşlandırma uygulanan deney numunelerinde toplam renk değişim değerlerinin yüksek olduğu ve bunun yağmurlamanın, UV ışınlarının ve ısının neden olduğu fotokimyasal

reaksiyonlar sonucu oluşan serbest radikallerden kaynaklanmış olabileceği şeklinde belirtmiştir.

**Çizelge 4.** Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Vernik Türü	Yaşlandırma Süresi	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$	252 Saatlik Yaşlandırma Sonrası Değişim	
						Azalma (%)	Artış (%)
3 Kat	252 saat	-22.45	16.15	-12.62	30.40	-	-
	504 saat	-24.90	13.78	-15.08	32.21	-	5.95
5 Kat	252 saat	-18.60	11.60	-13.29	25.63	-	-
	504 saat	-22.49	10.59	-18.20	30.81	-	20.21

Çizelge 5, yaşlandırılmış ve yaşlandırılmamış UV vernikli malzemelere ait belirlenmiş olan liflere dik ve paralel parlaklık ölçümleri için varyans analizi sonuçlarını göstermektedir. 20°, 60° ve 85°'de liflere dik ve paralel parlaklık değerleri için vernik türü (A), yaşlanma süresi (B) ve bu faktörlerin (AB) etkileşimi anlamlı olarak elde edilmiştir.

**Çizelge 5.** 20°, 60° ve 85°'de liflere dik ( $\perp$ ) ve paralel (//) parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Test	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0,05$
//20°	Vernik Türü (A)	23.320	1	23.320	1595.253	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	20.308	2	10.154	694.609	0.000*
	Etkileşim (AB)	13.225	2	6.613	452.346	0.000*
//60°	Vernik Türü (A)	2164.951	1	2164.951	26599.600	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	1582.821	2	791.411	9723.641	0.000*
	Etkileşim (AB)	603.736	2	301.868	3708.889	0.000*
//85°	Vernik Türü (A)	7219.905	1	7219.905	16266.190	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	3336.734	2	1668.367	3758.772	0.000*
	Etkileşim (AB)	484.321	2	242.160	545.579	0.000*
$\perp$ 20°	Vernik Türü (A)	23.258	1	23.258	12744.027	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	24.800	2	12.400	6794.352	0.000*
	Etkileşim (AB)	10.352	2	5.176	2836.128	0.000*
$\perp$ 60°	Vernik Türü (A)	1617.736	1	1617.736	85380.529	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	1233.277	2	616.639	32544.814	0.000*
	Etkileşim (AB)	383.118	2	191.559	10110.063	0.000*
$\perp$ 85°	Vernik Türü (A)	4167.765	1	4167.765	71190.478	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	887.387	2	443.694	7578.824	0.000*
	Etkileşim (AB)	286.620	2	143.310	2447.910	0.000*

\*: Anlamlı

Çizelge 6, UV sistem parke verniği uygulanan test numunelerinin yaşlandırma uygulamalarından önce ve sonlarında belirlenmiş olan parlaklık ölçümlerine ait istatistiksel sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlara göre, yaşlandırma sonrasında tüm parlaklık değerlerinin (liflere dik ve paralel yönleri ve 20°, 60° ve 85° derecelerinin) azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca 5 kat uygulamadaki parlaklık değerlerinin 3 kat uygulamadaki parlaklık değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Daha fazla kat uygulanmasıyla parlaklıktaki artış, UV şeffaf kürleşen sızdırmazlık macunlarından (T9110-0000H - T9110-0000) kaynaklanıyor olabilir.

Gürleyen (2020) ve (2021) tarafından yapılan UV sistem vernikli çalışmalarda varılan sonuçların çalışmamızla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.



**Çizelge 6.** 20°, 60° ve 85°de liflere dik (⊥) ve paralel (//) parlaklık değerleri sonuçları

Test	Vernik Türü	Yaşlandırma Süresi	N	Ortalama	Yaşlandırma Sonrası (%)		SS	Homojenlik Grubu	Mini-mum	Maksi-mum
					Azalma	Artış				
//20°	3 Kat	Kontrol	20	0.43	-	-	0.05	C	0.40	0.50
		252 saat	20	0.14	67.44	-	0.05	E**	0.10	0.20
		504 saat	20	0.26	39.53	-	0.26	D	0.10	0.80
	5 Kat	Kontrol	20	2.11	-	-	0.11	A*	1.80	2.20
		252 saat	20	1.06	49.76	-	0.07	B	0.90	1.10
		504 saat	20	0.31	85.31	-	0.02	D	0.30	0.40
//60°	3 Kat	Kontrol	20	4.26	-	-	0.20	C	4.00	4.50
		252 saat	20	1.76	58.69	-	0.21	E	1.30	2.00
		504 saat	20	0.86	79.81	-	0.06	F	0.80	1.00
	5 Kat	Kontrol	20	17.99	-	-	0.17	A*	17.70	18.20
		252 saat	20	10.75	40.24	-	0.08	B	10.60	10.90
		504 saat	20	3.63	79.82	-	0.61	D	3.10	6.10
//85°	3 Kat	Kontrol	20	9.33	-	-	0.33	D	8.60	9.50
		252 saat	20	1.83	80.39	-	0.40	E	0.80	2.30
		504 saat	20	0.37	96.03	-	0.19	F**	0.20	0.70
	5 Kat	Kontrol	20	27.09	-	-	0.28	A*	26.50	27.30
		252 saat	20	20.74	23.44	-	0.45	B	20.10	21.50
		504 saat	20	10.24	62.20	-	1.44	C	8.40	13.60
⊥20°	3 Kat	Kontrol	20	0.50	-	-	0.00	C	0.50	0.50
		252 saat	20	0.10	80.00	-	0.00	F**	0.10	0.10
		504 saat	20	0.13	74.00	-	0.05	E	0.10	0.20
	5 Kat	Kontrol	20	2.09	-	-	0.06	A*	2.00	2.20
		252 saat	20	1.00	52.15	-	0.06	B	0.90	1.10
		504 saat	20	0.28	86.60	-	0.04	D	0.20	0.30
⊥60°	3 Kat	Kontrol	20	4.19	-	-	0.07	C	4.00	4.30
		252 saat	20	1.23	70.64	-	0.14	E	1.00	1.50
		504 saat	20	0.70	83.29	-	0.00	F**	0.70	0.70
	5 Kat	Kontrol	20	15.49	-	-	0.06	A*	15.40	15.60
		252 saat	20	9.31	39.90	-	0.25	B	9.00	10.20
		504 saat	20	3.35	78.37	-	0.14	D	3.10	3.60
⊥85°	3 Kat	Kontrol	20	2.87	-	-	0.24	D	2.60	3.20
		252 saat	20	0.54	81.18	-	0.13	E	0.30	0.70
		504 saat	20	0.17	94.08	-	0.10	F**	0.10	0.30
	5 Kat	Kontrol	20	18.73	-	-	0.26	A*	18.40	19.20
		252 saat	20	11.65	37.80	-	0.17	B	11.30	12.10
		504 saat	20	8.56	54.30	-	0.41	C	7.90	9.30

N: Ölçüm Sayısı, SS: Standart Sapma, \*: En Yüksek Değer, \*\*: En Düşük Değer

Salınımsal sertlik değeri için varyans analizi sonuçları Çizelge 7’de gösterilmektedir. Salınımsal sertlik değerinde vernik türü (A), yaşlandırma süresi (B) ve etkileşim (AB) anlamlı olarak elde edilmiştir.

**Çizelge 7.** Salınımsal sertlik değeri için varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0,05$
Vernik Türü (A)	25585.350	1	25585.350	609.955	0.000*
Yaşlandırma Süresi (B)	346.900	2	173.450	4.135	0.021*
Etkileşim (AB)	5944.300	2	2972.150	70.856	0.000*

\*: Anlamlı

Çizelge 8’de, König metoduna göre belirlenmiş olan salınımsal sertlik değerleri için SPSS sonuçları verilmiştir. Verilen bu sonuçlara göre, 3 kat vernikli katmanlarda yaşlandırma sonrasında salınımsal sertlik değerleri azalırken, 5 kat uygulanmış UV sistem vernikli katmanlarda zıt bir durum görülmektedir. Buna ek olarak, 5 kat uygulanmış deney örneklerinin salınımsal sertlik değerleri 3 kat uygulanmış test örneklerinininkinden fazla olduğu görülmüştür.

Gürleyen (2020) ve (2021) tarafından yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Holzhausen ve ark., (2002) tarafından yapılan bir araştırmada, fiziksel ve kimyasal yaşlandırmanın organik vernik/boya sistemlerinin yapısında iç gerilim oluşturduğu ve kırılabilirliğin artmasına sebep olduğu belirtilerek katmanın çatlamaya karşı direncinin en yüksek olduğu sıcaklık derecelerinin 25°C, 40°C ve 60°C olduğunu söylemişlerdir.

**Çizelge 8.** Salınımsal sertlik değerlerine ait sonuçlar

Vernik Türü	Yaşlandırma Süresi	N	Ortalama	Yaşlandırma Sonrası (%)		SS	Homojenlik Grubu	Mini -mum	Maksi -mum
				Azalma	Artış				
3 Kat	Kontrol	10	79.80	-	-	7.63	C	67.00	92.00
	252 saat	10	67.20	15.79	-	3.91	D	62.00	76.00
	504 saat	10	61.50	22.19	-	4.09	D**	56.00	68.00
5 Kat	Kontrol	10	93.70	-	-	6.07	B	85.00	104.00
	252 saat	10	116.60	-	24.44	7.85	A	105.00	129.00
	504 saat	10	122.10	-	30.31	7.94	A*	110.00	133.00

N: Ölçüm Sayısı, SS: Standart Sapma, \*: En Yüksek Değer, \*\*: En Düşük Değer

Çizelge 9’da yüzeye yapışma direnci için varyans analizi sonuçları gösterilmektedir. Yüzeye yapışma direnci için vernik türü (A), yaşlandırma süresi (B) ve etkileşim (AB) anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

**Çizelge 9.** Yüzeye yapışma direnci için varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0,05$
Vernik Türü (A)	17.343	1	17.343	131.438	0.000*
Yaşlandırma Süresi (B)	6.256	2	3.128	23.706	0.000*
Etkileşim (AB)	7.961	2	3.981	30.167	0.000*

\*: Anlamlı

Çizelge 10’da yüzeye yapışma direnci için belirlenmiş olan SPSS sonuçları gösterilmektedir.

**Çizelge 10.** Yüzeye yapışma direncine ait sonuçları

Vernik Türü	Yaşlandırma Süresi	N	Ortalama (MPa)	Yaşlandırma Sonrası (%)		SS	Homojenlik Grubu	Mini -mum	Maksi -mum
				Azalma	Artış				
3 Kat	Kontrol	5	2.540	-	-	0.14	C	2.330	2.680
	252 saat	5	3.458	-	36.14	0.36	B	3.080	3.930
	504 saat	5	4.840	-	30.31	0.71	A*	3.640	5.370
5 Kat	Kontrol	5	2.350	-	-	0.27	C	2.130	2.790
	252 saat	5	1.786	24.00	-	0.19	D**	1.590	2.030
	504 saat	5	2.140	8.94	-	0.20	CD	1.860	2.370

N: Ölçüm Sayısı, SS: Standart Sapma, \*: En Yüksek Değer, \*\*: En Düşük Değer

Çizelge 10 incelendiğinde, 3 kat uygulamasına sahip vernikli katmanlarda 252 ve 504 saatlik yaşlandırma sonrasında yapışma artarken, 5 kat uygulanmış UV sistem vernikli katmanlarda 252 saatlik uygulama sonunda önce bir azalış 504 saatlik uygulama sonunda ise artış olduğu görülmüştür. Clerc ve ark., (2017) hava koşullarına bağlı yapışma mukavemeti kaybı, çoğu zaman yapıştırıcının kimyasal olarak bozulmasından ziyade ahşabın bozulmasından kaynaklanmaktadır. Bu duruma göre, 5 kat UV vernik uygulanmış örnekler için yapışma mukavemetinde azalma vardır.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, 3 ve 5 katlı UV sistem vernik uygulanmış kayısı odunu parkelerinin yüzeylerinde yapılan yaşlandırma uygulamalarından sonra aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Elde edilen istatistiksel sonuçlar, çalışmada kullanılan kimyasalların yapısal özelliklerinin tamamen farklı olduğunu ve ayrıca ahşap ile yaşlanma arasındaki etkileşim seviyesini hangi zamanda etkilediğini göstermektedir.
- Tüm testlere ait varyans analizi sonuçlarının anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.
- Salımsal sertlik değerinin 5 kat vernik uygulamasında, 3 kat uygulamasından büyük olduğu belirlenirken, yüzeye yapışma direnci için zıt bir durum olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca yaşlandırma sonrasında 3 kat vernik uygulamasına sahip örneklerin sertlik değeri azalırken, 5 kat uygulamasına sahip örneklerin sertlik değerinin arttığı belirlenmiş olup, yüzeye yapışma direnci için yine zıt bir durum belirlenmiştir.
- Her iki vernik uygulamasında bütün parlaklık değerleri,  $L^*$  ve  $b^*$  tonu değerleri azalırken,  $a^*$  tonu değerleri artmıştır.
- Çalışmada kullanılan kimyasalların farklı testler üzerinde farklı sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Kayısı odununun UV sistem parke üretiminde kullanılabilmesi söylenebilir.

#### Teşekkür

Yazarlar, UV sistem parke verniği uygulamaları için KPS Fabrikası'na (Düzce) teşekkür etmektedir.

#### Kaynaklar


- Anonim, (2002), Consensus document on the biology of *Prunus* sp. (stone fruits): series on harmonization of regulatory oversights in biotechnology nr. 24. <http://www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/LinkTo/env-jm-mono>.
- ASTM D 2244-3, (2007), Standard practice for calculation or color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 4366-95, (1984), Standard test methods for hardness of organic coatings by pendulum test, ASTM, Philadelphia, PA.
- ASTM D 4541, (1995), Standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayata, Ü., (2019), Effects of artificial weathering on the surface properties of ultraviolet varnish applied to lemonwood (*Citrus limon* (L.) Burm.), *Bioresources*, 14(4), 8313-8323. DOI: 10.15376/biores.14.4.8313-8323.

- Ayata, Ü., Bal, B.C., (2019), Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odununda çivi tutma direnci ve janka sertlik değerinin belirlenmesi, Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Yeni Ufuklar, Gece Kitaplığı Yayınevi, Ankara, Türkiye, Genel Yayın Yönetmeni: Atilla Atik, Editörler: Ali Musa Bozdoğan ve Nigar Yarpuz-Bozdoğan, Birinci Basım, 16 Ekim 2019, 368-376. ISBN: 978-605-7749-52-9.
- Ayata, Ü., Cavus, V., (2018), The determination of the surface adhesion resistance and pendulum hardness on the parquets applied UV varnish as single and double layers, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(4), 541-545. DOI: 10.21923/jesd.388346.
- Ayata, Ü., Gurleyen, L., Esteves, B., Gurleyen, T., Cakicier, N., (2017a), Effect of heat treatment (ThermoWood) on some surface properties of parquet beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) with different layers of UV system applied, *BioResources*, 12(2),: 3876-3889. DOI: 10.15376/biores.12.2.3876-3889.
- Ayata, Ü., Gürleyen, T., Gürleyen, L., Esteves, B., Çakıcıer, N., (2017b), 212°C’de 2 saat süreyle ısıtılmış işlem görmüş (ThermoWood) ve tek/çift kat UV sistem parke vernik uygulanmış dişbudak (*Fraxinus excelsior*) odununda bazı yüzey özelliklerinin belirlenmesi, 5. Uluslararası Mühendislik Ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi, 29 Eylül - 01 Ekim, Bak ü, Azerbaycan, 1318-1326.
- Ayata, Ü., Şahin, S., Gürleyen, L., Esteves, B., (2018), UV sistem vernik uygulanmış lamine parkelerde yüzeye yapışma direnci üzerine termal yaşlandırmanın etkisi, Multidisipliner Çalışmalar-3 (Sağlık ve Fen Bilimleri), Gece Kitaplığı Yayınevi, Birinci Basım, Ocak 2018, Editörler: Rıdvan KARAPINAR, Murat A. KUŞ, Ankara, Türkiye, 301-311. ISBN: 978-605-288-223-8.
- Baytop, T., (1999), Türkiye’de bitkilerle tedavi, İstanbul: İstanbul Eczacılık Fakültesi Yayınları.
- Clerc, G., Brülisauer, M., Affolter, S., Volkmer, T., Pichelin, F., Niemz, P., (2017), Characterization of the ageing process of one-component polyurethane moisture curing wood adhesive, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 72, 130-138. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2016.09.008.
- Çavuş, V., (2020), Kayısı ağacı (*Prunus armeniaca* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 457-464. DOI: 10.24011/barofd.729707.
- Gençer, A., Özgül, U., Onat, S.M., Gündüz, G., Yaman, B., Yazıcı, H., (2018), Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odunu ve meyve endokarpının kimyasal ve morfolojik özellikleri, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 205-209. DOI: 10.24011/barofd.412958.
- Gurleyen, L., (2021), Effects of artificial weathering on the color, gloss, adhesion, and pendulum hardness of UV system parquet varnish applied to doussie (*Azelia africana*) wood., *BioResources*, 16(1), 1616-1627. DOI: 10.15376/biores.16.1.1616-1627.
- Gurleyen, L., Ayata, U., Esteves, B., Cakicier, N., (2017a), Effects of heat treatment on the adhesion strength, pendulum hardness, surface roughness, color and glossiness of scots pine laminated parquet with two different types of UV varnish application, *Maderas-Ciencia y Tecnologia* 19(2), 213-224. DOI: 10.4067/S0718-221X2017005000019.

- Gurleyen, L., Ayata, U., Esteves, B., Gurleyen, T., Cakicier, N., (2019), Effects of thermal modification of oak wood upon selected properties of coating systems, *Bioresources*, 14(1), 1838-1849. DOI: 10.15376/biores.14.1.1838-1849.
- Gürleyen, L., (2020), UV sistem parke verniği uygulanmış gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine yapay yaşlandırmanın etkisi, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21(4), 451-460. DOI: 10.18182/tjf.795597.
- Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., Esteves, B., Çakıcıer, N., (2017b), Üvez (*Sorbus L.*) odununa uygulanan tek ve çift kat UV Sistem parke vernik katmanlarında renk, parlaklık ve salınımsal sertlik değerlerinin belirlenmesi, 5. Uluslararası Mühendislik Ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi, 29 Eylül - 01 Ekim, Bak ü, Azerbaycan, 1327-1336.
- Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., Esteves, B., Sivrikaya, H., Can, A., (2017c), Tek ve çift kat UV vernik sistemi uygulanmış parkelerde renk ve parlaklık değerlerinin belirlenmesi, 2. Uluslararası Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Konferansı Kapadokya (IMSTEC 2017), 11-13 Ekim, Nevşehir, Türkiye, 408-412.
- Holzhausen U., Millow S., Adler H.J.P., (2002), Studies on the thermal ageing of organic coatings, *Wiley-WCH Verlag GmbH, Weinheim*, 187(1), 939-952. DOI: 10.1002/1521-3900(200209)187:1<939:AID-MASY939>3.0.CO;2-E.
- ISO 2813, (1994), Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 4892-3, (2016), Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 3: Fluorescent UV lamps, The International Organization for Standardization.
- Kipphan, H., (2001), Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Payne, H.F., (1965), Organic coating technology, volume I, printed in New York U.S.A. Fourth Printing.
- Salca, E.A., Krystofiak, T., Lis, B., Mazela, B., Proszkyk, S., (2016), Some coating properties of black alder wood as a function of varnish type and application method, *BioResources*, 11(3), 7580-7594. DOI: 10.15376/biores.11.3.7580-7594.
- Söğütlü, C., Sönmez, A., (2006), Değişik koruyucular ile işlem görmüş bazı yerli ağaçlarda UV ışınlarının renk değiştirici etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(1), 151-159.
- TS 2471 (1976), Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- URL 1. Kayısı (*Prunus armeniaca L.*) ağacı hakkında bazı bilgiler, <https://www.wood-database.com/apricot/>, (21.03.2021).
- Vardanyan, V., Poaty, B., Chauve, G., Landry, V., Galstian, T., Riedl, B., (2014), Mechanical properties of UV-waterborne varnishes reinforced by cellulose nanocrystals, *Journal of Coatings Technology and Research*, 11(6), 841-852. DOI: 10.1007/s11998-014-9598-3.



### Eyong, jequitiba ve koto ağaç türlerinde renk, parlaklık ve shore D sertlik değerleri üzerine ısıtılmanın etkisi

Mutlu Türk\*

#### Öz

Günümüzde ahşap malzemelere uygulanan birçok farklı ısıtılma işlemi bulunmaktadır. Ahşaba ait çeşitli özellikler (fiziksel, mekanik, biyolojik, kimyasal, renk, parlaklık, yüzey pürüzlülüğü, ıslanabilirlik, vb.) ısıtılma uygulaması ile değişmektedir. Bu durum ahşap malzeme için yeni kullanım alanlarının oluşmasına yardımcı olmaktadır. Eyong (*Eribroma oblonga*), jequitiba (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) ve koto (*Pterygota macrocarpa* K. Schum.) yabancı ağaç türleri yurt dışında mobilya sektöründe önemli değere sahiptir. Bu çalışmada, eyong, jequitiba, koto odun türlerine ait deney örneklerine 200°C'de 3 saat süre ile uygulanan ısıtılma işlemi sonrası meydana gelen renk (sarı renk tonu:  $b^*$ , kırmızı renk tonu:  $a^*$  ve ışıklılık:  $L^*$ ), parlaklık (20°, 60° ve 85°'de liflere paralel //) ve shore D sertlik değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, varyans analizleri bütün testler için anlamlı olarak elde edilmiştir. Isıtılma işlemi sonrası bütün ağaç türlerinde  $b^*$ ,  $L^*$ , parlaklık değerleri ve shore D sertlik değerlerinin azaldığı görülmüştür.  $\Delta E^*$  değerleri eyong, koto ve jequitiba odunlarında sırasıyla 39.72, 36.70 ve 34.36 olarak elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Eyong, jequitiba, koto, renk, parlaklık, shore D sertlik değeri

### Effect of heat treatment on color, glossiness and shore D hardness values of eyong, jequitiba and koto wood species

#### Abstract

Today, there are many different heat treatment methods applied to wood materials. Various properties of wood (physical, mechanical, biological, chemical, color, gloss, surface roughness, wettability, etc.) change with the application of heat treatment. This situation helps to create new usage areas for wood material. Foreign tree species of eyong (*Eribroma oblonga*), jequitiba (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) and koto (*Pterygota macrocarpa* K. Schum.) have an important value in the furniture industry abroad. In this research, the color (yellow color tone:  $b^*$ , red color tone:  $a^*$  and lightness:  $L^*$ ), glossiness (parallel // to the fibers at 20°, 60° and 85°) and shore D hardness values that occur after the heat treatment applied at 200°C for 3 hours on the test samples belonging to the eyong, jequitiba, koto wood types were determined. According to the results obtained, variance analysis was obtained significantly for all tests. It was observed that  $b^*$ ,  $L^*$ , glossiness values and shore D hardness values decreased in all wood species after heat treatment.  $\Delta E^*$  values were obtained as 39.72, 36.70, and 34.36 in eyong, koto and jequitiba woods, respectively.

**Keywords:** Eyong, jequitiba, koto, color, glossiness, shore D hardness value

## 1. Giriş

Ahşabın rengi önemli bir yüzey özelliğidir. Yüzeylerden yansıyan ve insanların algılarını etkileyen ışık, spektral bileşim tarafından belirlenmektedir. Bazı durumlarda tüketiciler, yalnızca dekoratif özelliklerine göre bir ağaç türü seçerler. Kimyasal katkı maddeleri olmadan daha az çekici ahşabın görünümünün iyileştirmesine yönelik çalışmalar, tüketiciler ve araştırmacılar için büyük ilgi görmektedir (Chen ve ark., 2012a).

Ahşap, mükemmel fiziksel ve mekanik özelliklere sahip en önemli yenilenebilir malzemelerden biridir. Bununla birlikte, higroskopik davranışı nedeniyle boyutsal dengesizlik, ahşap ve ahşap ürünlerin eksikliklerinden biridir. Ahşabın bu tür dezavantajını artırmak için, farklı modifikasyon süreçleri (Hill, 2006; Militz, 2002) kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Isıl işlem görmüş ahşap genellikle parke ve ahşap zemin, sauna ve mutfaklar için duvar ve tavan panelleri, mobilya üniteleri, bahçe çitleri ve dış mekânlarda kullanılan pencere çerçeveleri imalatında kullanılmaktadır (Adela-Salca ve Hiziroglu, 2014). Literatürde ısıl işlem üzerine yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (örneğin: Yıldız ve Can, 2012; Sivrikaya ve ark., 2019;2015a;b). Günümüzde ısıl işlem uygulanmamış birçok ağaç türü bulunmaktadır. Bu ağaçlardan bazıları eyong, jequtiba ve koto ağaç türleri olup, bunlar yurt dışında yetişen yabancı tür ağaçlardan olmaktadır. Ayrıca, bu ağaç türlerine ait ahşap malzemelerin yurt dışında mobilya endüstrisine ait çeşitli alanlarda kullanıldıkları da bildirilmiştir. Bu ağaç türleri hakkında bazı önemli bilgiler vermek gerekirse;

Koto (*Pterygota macrocarpa* K. Schum.) ağaç türü; Afrika ve Asya'nın tropikal yaprak döken ormanlarında yetişir (Irvine, 1961). 25 ila 30 m yüksekliğinde (Kouadio ve ark., 2013), ışık isteyen ve kuraklığa dayanıklı ağaçtır (Irvine, 1961). Baz zengini toprakları tercih eden yaprak döken bir ağaçtır (Hall ve Svaine, 1981). Göğedeki çimlenme toprak üstünde yaklaşık 18 gün sürer (Taylor, 1960). Kabuk, sarı, tanecikli, lifli bir çentik ile gri berrak pürüzsüzdür (Kouadio ve ark., 2013). Büyük yaprakları, gıda sargıları ve çatı kulübeleri için saz olarak kullanılır (Abbiw, 1990). Mide, mesane, idrar şikâyetleri ve şişkinlik için bir karbonhidrat olarak yaprağın kaynatılması ile içilir (Irvine, 1961). Odununda; eğilme direnci 65.30 N/mm<sup>2</sup>, elastikiyet modülü 8201.00 N/mm<sup>2</sup>, Makaslama direnci 10.45 N/mm<sup>2</sup>, liflere paralel basınç direnci 59.07 N/mm<sup>2</sup>, dinamik eğilme direnci 1.56 N-mm (Ayarkwa, 1998), ısı iletkenlik değeri 0.288 W/m.K, görelî ısı kapasitesi 1.01 C<sub>wd</sub> (J/g.K) ve ısı kapasitesi 9.09 C<sub>wd</sub> (J/K) (Aggrey-Smith ve ark., 2016) olarak belirlenmiştir. Ahşap, normal el ve makine aletleriyle işlenebilir. Kesme kenarları üzerindeki körelme etkisi orta düzeydedir. Çeyrek biçilmiş yüzeyleri planlamak için, kesme açısının 20°'ye düşürülmesi önerilmiştir. İyi yüzey bitirme için bir dolgu maddesine ihtiyaç vardır. Çivilenme, vidalanma, soyma ve kesme özellikleri iyidir. Ahşabı dayanıklı değildir. Deliciler, termitler ve mantarlar tarafından saldırıya açıktır. Mavi lekeye çok yatkındır. Bununla birlikte, koruyucularla kolayca emprenye edilmektedir (Louppe ve ark., 2008).

Eyong (*Eribroma oblonga*) ağaç türü 24 ila 36 m boyunda ve 0.6 ila 0.9 m çapındadır. Ağaç gövdesi, 15-21 m boyunca dalsızdır, düz ve silindiriktir (Anonim, 1956). Tohumlar kavrulur ve yer fıstığı gibi bütün olarak yenilebilir veya kavrulup dövülerek bezelye veya balkabağı gibi sebzelerle pişirilebilir (Ruffo ve ark., 2002). Öz odun, beyaz damarlı, kremi beyaz ila açık sarı-kahverengidir. Beyaz diri odun ile net bir şekilde ayrılmamıştır. Doku orta, lif düz veya birbirine kenetlenmiş, baharatla birlikte kaybolan yeşil ağaçtan hoş olmayan bir koku vardır. Odun orta derecede sert olup, orta derecede ağır ve çok dayanıklı değildir. Mantarlara, kuru odun delicilerine ve termitlere karşı hassastır. Testere dişleri üzerinde orta derecede körelme etkisi ile iyi keser. Makine aletleriyle iyi çalışır, ancak el aletleriyle daha zordur. Boyama ve cilalama tatmin edicidir. Çivileme ve vidalama özellikleri iyidir. Ahşabı, demiryolu bağları, tekne yapımı, kirişler, döşeme, tahtalar ve mobilyalar için kullanılır. Aynı

zamanda inşaat, kaplama, kontrplak, araç gövdeleri, kulplar, spor malzemeleri, oyuncaklar, tarım aletleri, sunta ve sunta için uygundur (Uphof, 1959; Burkill, 1985; Paradis ve ark., 2015). Ahşabında elastikiyet modülü 10070.00 N mm<sup>2</sup> (Anonim, 2000) olarak belirlenmiştir.

Jequitiba (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) ağaç türü yaygın olarak jequitibá rosa olarak bilinen Kuntze, Lecythidaceae ailesinin geç ardışık özellikleri olan odunsu bir ağaç türüdür (Lorenzi, 2002). Jequitibá, 60 m yüksekliğe ve 4 m çapa ulaşan Atlantik Yağmur Ormanı'nın dev ağaçlarından biri olarak bilinmektedir (Kageyama ve ark., 2003). Çiçekleri çift cinsiyetlidir ve arılar tarafından tozlanır, dispersiyon anemochorous'dur (Sebbenn ve ark., 2000). Brezilya'da, ahşabı genel inşaat amaçları ve marangozluk için yaygın olarak kullanılmaktadır (Lorenzi, 2002). Ne yazık ki, bu ağaç popülasyonu, habitat tahribatı ve kerestesinin sömürülmesi nedeniyle önemli ölçüde azalmıştır (Sebbenn ve ark., 2000). Odununda, holoselüloz %59.78, lignin %28.70, kül %0.48, (Mori ve ark., 2003), radyal yönde daralma %3.00, teğet yönde daralma %5.70, hacimsel daralma %9.80 ve janka sertlik değeri 3844 N (Anonim, 1997) olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada, ısıtılmış ve ısıtılmamış eyong, jequitiba ve koto ağaç türlerinde belirlenmiş olan renk, parlaklık ve shore D sertlik değerleri araştırılmıştır. Elde edilen bu sonuçların bu yabancı tür ağaçlar hakkında sahip oldukları literatür bilgisine önemli veriler katacağı düşünülmektedir.

## **2. Materyal ve Metot**

### **2.1. Materyal**

Bu çalışmada ahşap malzeme olarak, eyong (*Eriobroma oblonga*), jequitiba (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) ve koto (*Pterygota macrocarpa* K. Schum.) odun türleri seçilmiş ve 100 x 10 x 2 cm boyutlarında bir kereste şirketinden satın alınma yöntemi ile alınmıştır. Daha sonra malzemeler üzerinde iklimlendirme işlemleri yapılmıştır (ISO 554, 1976).

### **2.2. Metot**

#### **2.2.1. Isıl İşlem Uygulaması**

10 x 10 x 2 cm boyutlarında hazırlanmış olan eyong, jequitiba ve koto ağaç türlerine ait deney örneklerine 200°C'de 3 saat ısıtılmış uygulanmıştır. Daha sonra malzemeler üzerinde iklimlendirme işlemleri uygulanmıştır (ISO 554, 1976).

#### **2.2.2. Renk Parametrelerinin ( $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ ) Belirlenmesi**

Deney örneklerinin sarı renk ( $b^*$ ) tonu, kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu ve ışıklılık ( $L^*$ ) değerleri ASTM D2244-3 (2007) standardına göre, 5 örnek üzerinde CS-10 colorimeter (CHN Spec, Çin) (Şekil 1A) marka-model renk cihazında (Ölçüm koşulları: CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, Aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağınmık aydınlatma)) ölçülmüştür. CIELAB sisteminde,  $L^*$  eksenini, 100'den (beyaz) sıfıra (siyah) kadar değişen açıklığı,  $a^*$  kırmızı (+) ile yeşil (-) tonu ve  $b^*$  sarıdan (+) maviye (-) tonu ifade etmektedir (Ayata, 2019).  $\Delta b^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta E^*$  ve  $\Delta a^*$  değerleri aşağıdaki formüller ile belirlenmiştir.

$$\Delta a^* = a^*_{\text{ısıtılmış}} - a^*_{\text{ısıtılmamış}} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = L^*_{\text{ısıtılmış}} - L^*_{\text{ısıtılmamış}} \quad (2)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{ısıtılmış}} - b^*_{\text{ısıtılmamış}} \quad (3)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (4)$$



### 2.2.3. Parlaklık Özelliklerinin Belirlenmesi

Isıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin (yaşlandırılmış ve yaşlandırılmamış) parlaklık değerleri ISO 2813 (1994) standardına göre, ETB-0833 model glossmeter cihazında (Vetus Electronic Technology Co., Ltd., CN) (Şekil 1B) 20°, 60° ve 85°'de liflere paralel (//) yönde olacak şekilde belirlenmiştir.

### 2.2.4. Shore D Sertlik Değerinin Belirlenmesi

Isıl işlemlenmiş ve işlemlenmemiş ahşap örneklerinin shore D sertlik değerleri (Stand: model Ld-J Loyka ve Durometer: Shenzhen Yibai Network Technology Co., Ltd., Çin) (Şekil 1C) cihazında 5 kg'lık yük uygulamalı olacak şekilde ASTM D 2240 (2010)'a göre 10 ölçüm alınarak yapılmıştır.



Şekil 1. Renk cihazı (A), parlaklık cihazı (B) ve shore D sertlik cihazı (C)

### 2.3. İstatistiksel Analiz

Bir istatistik programı kullanılarak ortalamalar, homojenlik grupları, maksimum ve minimum değerleri ve standart sapmaları ile varyans analizleri belirlenmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Isıl işlem sonrası eyong, jequitiba ve koto ağaç türlerinde belirlenmiş olan toplam renk farklılıklarının ait sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Toplam renk farklılıkları sonuçlarına göre, eyong odununda  $\Delta E^* = 39.72$ , jequitiba odununda  $\Delta E^* = 34.36$  ve koto odununda  $\Delta E^* = 36.70$  olarak elde edilmiştir. Isıl işlemden sonra ahşap malzemenin renk tonundaki değişiklikler literatürde başka araştırmacılar (Gurleyen ve ark., 2017; Ayata ve ark., 2018; Ayata, 2020; Can, 2020; Dubey ve ark., 2011; Mitani ve Barboutis, 2014) tarafından da bildirilmiştir. Literatürde, termal olarak modifiye edilmiş ahşabın renginin koyulaşması, yarı selülozların bozunma reaksiyonlarından ve ardından düşük moleküler ağırlıklı şekerlerin oluşumundan (Poncsak ve ark., 2006; Esteves ve ark., 2008a;b) ve kinonlar gibi oksidasyon ürünlerinin oluşumundan kaynaklandığı (Hon ve Minemura, 2001; Kamperidou ve Barmoutis, 2015) şeklinde bildirilmiştir.

Çizelge 1. Isıl işlem sonrası belirlenmiş olan toplam renk farklılıklarının ait sonuçları

Ağaç Türü	Isıl işlem	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
Eyong ( <i>Eribrroma oblonga</i> )	200°C'de 3 saat	-37.57	-00.73	-12.88	39.72
Jequitiba ( <i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze)	200°C'de 3 saat	-27.41	-11.70	-17.11	34.36
Koto ( <i>Pterygota macrocarpa</i> K. Schum.)	200°C'de 3 saat	-35.31	03.80	-09.26	36.70

Renk parametreleri ( $a^*$ ,  $b^*$  ve  $L^*$ ), shore D sertlik değerleri ve 20°, 60° ve 85°'de liflere paralel (//) parlaklık değerleri için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de gösterilmektedir. Belirlenmiş olan bu sonuçlara göre, bütün ağaç türleri için yapılan bütün testler üzerinde "işlem" anlamlı olarak elde edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Test	Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$	
Eyong ( <i>Eribroma oblonga</i> )	L*	İşlem	1	7054.144	7054.144	14100.000	0.000*	
		Hata	18	9.005	0.500			
		Toplam	20	61945.866				
	a*	İşlem	1	2.635	2.635	46.583	0.000*	
		Hata	18	1.018	0.057			
		Toplam	20	1090.581				
	b*	İşlem	1	828.957	828.957	5142.590	0.000*	
		Hata	18	2.902	0.161			
		Toplam	20	7501.141				
	//20°	İşlem	1	1.741	1.741	3481.000	0.000*	
		Hata	18	0.009	0.001			
		Toplam	20	6.650				
	//60°	İşlem	1	14.965	14.965	639.812	0.000*	
		Hata	18	0.421	.023			
		Toplam	20	102.330				
	//85°	İşlem	1	16.745	16.745	11.116	0.004*	
		Hata	18	27.113	1.506			
		Toplam	20	409.370				
	Shore D	İşlem	1	441.800	441.800	123.484	0.000*	
		Hata	18	64.400	3.578			
		Toplam	20	57324.000				
	Jequitiba ( <i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze)	L*	İşlem	1	3755.170	3755.170	17626.918	0.000*
			Hata	18	3.835	0.213		
			Toplam	20	37498.010			
a*		İşlem	1	684.333	684.333	19122.272	0.000*	
		Hata	18	0.644	0.036			
		Toplam	20	2642.208				
b*		İşlem	1	1464.274	1464.274	9907.838	0.000*	
		Hata	18	2.660	0.148			
		Toplam	20	5235.270				
//20°		İşlem	1	0.313	0.313	225.000	0.000*	
		Hata	18	0.025	0.001			
		Toplam	20	2.450				
//60°		İşlem	1	2.592	2.592	24.351	0.000*	
		Hata	18	1.916	0.106			
		Toplam	20	96.100				
//85°		İşlem	1	30.013	30.013	14.424	0.001*	
		Hata	18	37.453	2.081			
		Toplam	20	767.210				
Shore D		İşlem	1	30.013	30.013	14.424	0.001*	
		Hata	18	37.453	2.081			
		Toplam	20	767.210				
Koto ( <i>Pterygota macrocarpa</i> K. Schum.)		L*	İşlem	1	6231.509	6231.509	3054.943	0.000*
			Hata	18	36.717	2.040		
			Toplam	20	60313.911			
	a*	İşlem	1	72.276	72.276	333.376	0.000*	
		Hata	18	3.902	0.217			
		Toplam	20	715.307				
	b*	İşlem	1	429.479	429.479	257.850	0.000*	
		Hata	18	29.981	1.666			
		Toplam	20	6218.399				
	//20°	İşlem	1	1.352	1.352	676.000	0.000*	
		Hata	18	0.036	0.002			
		Toplam	20	5.620				
	//60°	İşlem	1	11.705	11.705	123.567	0.000*	
		Hata	18	1.705	0.095			
		Toplam	20	118.750				
	//85°	İşlem	1	8.321	8.321	5.620	0.029*	
		Hata	18	26.649	1.481			
		Toplam	20	370.350				
	Shore D	İşlem	1	211.250	211.250	277.555	0.000*	
		Hata	18	13.700	0.761			
		Toplam	20	50125.000				

\*: Anlamlı

Isıl işlemlili ve ısıl işlemsiz eyong, jequitiba ve koto ağaç türlerinde belirlenmiş olan renk, parlaklık ve shore D sertlik değerlerine ait sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.

**Çizelge 3.** Isıl işlemlili ve ısıl işlemsiz eyong, jequitiba ve koto ağaç türlerinde belirlenmiş olan renk, parlaklık ve shore D sertlik değerlerine ait sonuçlar

Ağaç Türü	Test	İşlem	N	<i>X</i>	<i>SS</i>	<i>HG</i>	Minimum	Maksimum	COV	
Eyong ( <i>Eribrroma oblonga</i> )	Shore D	Kontrol	10	58.00	1.41	A*	56.00	60.00	2.44	
		Isıl işlemlili	10	48.60	2.27	B	43.00	51.00	4.67	
	<i>L*</i>	Kontrol	10	71.17	0.73	A*	70.20	72.12	1.03	
		Isıl işlemlili	10	33.60	0.68	B	32.78	34.69	2.03	
	<i>a*</i>	Kontrol	10	7.74	0.32	A*	7.33	8.22	4.10	
		Isıl işlemlili	10	7.01	0.11	B	6.87	7.20	1.61	
	<i>b*</i>	Kontrol	10	24.70	0.40	A*	24.11	25.31	1.60	
		Isıl işlemlili	10	11.82	0.41	B	11.22	12.48	3.44	
	//20°	Kontrol	10	0.79	0.03	A*	0.70	0.80	4.00	
		Isıl işlemlili	10	0.20	0.00	B	0.20	0.20	0.00	
	//60°	Kontrol	10	2.95	0.16	A*	2.80	3.20	5.59	
		Isıl işlemlili	10	1.22	0.14	B	1.10	1.40	11.46	
	//85°	Kontrol	10	5.19	1.50	A*	3.60	7.10	28.92	
		Isıl işlemlili	10	3.36	0.87	B	2.40	4.20	25.95	
	Jequitiba ( <i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze)	Shore D	Kontrol	10	62.20	2.35	A*	59.00	65.00	3.77
			Isıl işlemlili	10	53.40	1.17	B	52.00	55.00	2.20
<i>L*</i>		Kontrol	10	54.78	0.61	A*	53.69	55.64	1.11	
		Isıl işlemlili	10	27.37	0.24	B	27.08	27.75	0.89	
<i>a*</i>		Kontrol	10	15.74	0.15	A*	15.55	15.99	0.93	
		Isıl işlemlili	10	4.04	0.22	B	3.69	4.31	5.55	
<i>b*</i>		Kontrol	10	22.28	0.29	A*	22.05	22.97	1.29	
		Isıl işlemlili	10	5.17	0.46	B	4.46	5.67	8.93	
//20°		Kontrol	10	0.45	0.05	A*	0.40	0.50	11.71	
		Isıl işlemlili	10	0.20	0.00	B	0.20	0.20	0.00	
//60°		Kontrol	10	2.50	0.44	A*	2.10	3.00	17.49	
		Isıl işlemlili	10	1.78	0.15	B	1.70	2.10	8.29	
//85°	Kontrol	10	7.14	2.00	A*	5.30	9.60	27.95		
	Isıl işlemlili	10	4.69	0.42	B	3.90	5.10	9.02		
Koto ( <i>Pterygota macrocarpa</i> K. Schum.)	Shore D	Kontrol	10	53.20	1.03	A*	52.00	54.00	1.94	
		Isıl işlemlili	10	46.70	0.67	B	46.00	48.00	1.45	
	<i>L*</i>	Kontrol	10	69.64	2.02	A*	67.03	72.50	2.90	
		Isıl işlemlili	10	34.33	0.09	B	34.18	34.48	0.26	
	<i>a*</i>	Kontrol	10	3.75	0.66	B	3.03	4.61	17.49	
		Isıl işlemlili	10	7.55	0.06	A*	7.47	7.65	0.74	
	<i>b*</i>	Kontrol	10	21.60	1.82	A*	19.31	24.16	8.44	
		Isıl işlemlili	10	12.34	0.10	B	12.15	12.46	0.83	
	//20°	Kontrol	10	0.72	0.06	A*	0.60	0.80	8.78	
		Isıl işlemlili	10	0.20	0.00	B	0.20	0.20	0.00	
	//60°	Kontrol	10	3.06	0.25	A*	2.80	3.50	8.32	
		Isıl işlemlili	10	1.53	0.35	B	1.10	1.90	23.07	
//85°	Kontrol	10	4.74	0.94	A*	3.90	6.30	19.85		
	Isıl işlemlili	10	3.45	1.44	B	2.10	5.90	41.76		
N: Ölçüm Sayısı, <i>X</i> : Ortalama, <i>SS</i> : Standart Sapma, <i>HG</i> : Homojenlik Grubu, COV: Varyasyon Katsayısı, *: En yüksek değeri ifade etmektedir.										

Isıl işlem sonrası koto ağacının *a\** değerinde artma görülürken, diğer bütün testler için bütün ağaç türleri üzerinde azalma sonucunu göstermiştir (Çizelge 3). Isıl işlemden sonra *a\** ve *L\** değerlerinde azalmalar zebrano, sapeli ve merbau odunlarında da elde edildiği bildirilmiştir (Ayata ve ark., 2018). *a\**’da ki artışın, birçok ahşap elementin yoğunlaşması, bozulması ve oksidasyonu ile ilgili olduğu (Chen ve ark., 2012a;b), polifenol içeriğinin artmasının ahşabın kırmızı tonlarının artmasıyla sonuçlandığından dolayı kaynaklandığı söylenmiştir (Gierlinger ve ark., 2004; Cademartori ve ark., 2014).

Shore D sertlik değerleri (kontrol) sırasıyla, eyong odununda 58.00, jequitiba'da 62.20 ve koto odununda 53.20 olarak elde edilmiş olup, ısıtma işlem sonrası yüzde azalma oranları sırasıyla olarak %16.21, %14.15 ve %12.22 olarak bulunmuştur (Çizelge 3). Literatürde hemiselülozların, özellikle galaktoglukomannanın ahşabın dayanıklılığını belirlemede önemli bir rol oynadığı söylenmiştir (Sweet ve Winandy, 1999). Literatürde shore D sertlik değeri monkey pod (*Pithecellobium saman* (Jacq.) Benth.) (Çamlıbel ve Ayata, 2020) odununda 71.70 ve ayous (*Triplochiton scleroxylon* K. Schum) odununda 37.65 (Ayata, 2020) olarak bulunduğu rapor edilmiştir. Sertlik değerinin farklı ağaçlar üzerinde farklı sonuçlar verdiği bildirilmiş (Şanıvar ve Zorlu, 1980) olup, Ayata (2020) tarafından yapılan çalışmada da ısıtma işlem sonrası sertlik değerinin azaldığı bildirilmiştir.

#### **4. Sonuçlar ve Öneriler**

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Bütün testler üzerinde yapılan varyans analizleri anlamlı olarak elde edilmiştir ( $\alpha \leq 0.05$ ).
- Isıtma işlem uygulamasından sonra bütün ağaç türlerinde  $L^*$ ,  $b^*$ , parlaklık değerleri ve shore D sertlik değerlerinin azaldığı görülmüştür.
- Shore D sertlik değerlerinde, ısıtma işleminden sonra eyong odununda %16.21'lik, jequitiba'da %14.15'lik ve koto odununda %12.22'lik bir azalma görülmüştür.
- Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ ) değerleri büyükten küçüğe sıralandığında: eyong (39.72) > koto (36.70) > jequitiba (34.36) sonucuna ulaşılmıştır.

#### **Teşekkür**

Bu çalışmada renk, parlaklık ve shore D sertlik değerlerinin ölçülmesine ait cihazların temin edilmesinde Ümit AYATA'ya teşekkürlerimi sunarım.

#### **Kaynaklar**

- Abbiw, D.K., (1990), Useful plants of Ghana: West African use of wild and cultivated plants, Intermediate Technology Publications, The Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, UK.
- Adela-Salca, E., Hizirolu, S., (2014), Evaluation of hardness and surface quality of different wood species as function of heat treatment, *Materials & Design*, 62, 416-423. DOI: 10.1016/j.matdes.2014.05.029.
- Aggrey-Smith, S., Preko, K., Owusu, F.W., (2016), Study of thermal properties of some selected tropical hard wood species, *International Journal of Materials Science and Applications*, 5(3), 143-150. DOI: 10.11648/j.ijmsa.20160503.15.
- Anonim, (1956), British Forest Products Research Laboratory, A Handbook of Hardwoods. Department of Scientific and Industrial Research, Forest Products Research, Her Majesty's Stationery Office, London, 269 pp.
- Anonim, (1997), Brazilian Association of Technical Standards (ABNT), NBR 7190, Design of Timber Structures, Rio de Janeiro, p. 52.
- Anonim, (2000), Product standard PS 20-70, United States Department of Commerce, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, pp: 296.
- ASTM D 2240, (2010), Standard test method for rubber property-durometer hardness, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, United States.

- ASTM D 2244-3, (2007), Standard practice for calculation or color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayarkwa, J., (1998), The influence of site and axial position in the tree on the density and strength properties of the wood of *Pterygota macrocarpa* K. Schum, *Ghana Journal of Forestry*, 6, 3-41.
- Ayata, U., Gurleyen, T., Gurleyen, L., (2018), Effect of heat treatment on color and glossiness properties of zebrano, sapeli and merbau woods, *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 1(1), 11-20. DOI: 10.33725/mamad.428913.
- Ayata, Ü., (2019), Effects of artificial weathering on the surface properties of ultraviolet varnish applied to lemonwood (*Citrus limon* (L.) Burm.), *Bioresources*, 14(4), 8313-8323. DOI: 10.15376/biores.14.4.8313-8323.
- Ayata, Ü., (2020), Ayous odununun bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi ve ısıtılardan sonra renk ve parlaklık özellikleri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 22-33. DOI: 10.33725/mamad.724596.
- Burkill, H.M., (1985), The useful plants of West tropical Africa, 2nd edition, Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Cademartori, P.H.G., Mattos, B.D., Missio, A.L., Gatto, D.A., (2014), Colour responses of two fast-growing hardwoods to two-step steam-heat treatments, *Materials Research-Ibero-American Journal of Materials*, 17(2), 487-493. DOI: 10.1590/s 1516-14392014005000031.
- Can, A., (2020). Effects of heat treatment systems on the physical properties of coated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Poplar (*Populus euramericana*), *BioResources*, 15(2), 2708-2720.
- Chen, Y., Fan, Y.M., Gao, J.M., Stark, N.M., (2012a), The effect of heat treatment on the chemical and color change of black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood flour, *BioResources*, 7(1), 1157-1170.
- Chen, Y., Gao, J., Fan, Y., Tshabalala, M.A., Stark, N.M., (2012b), Heat-induced chemical and color changes of extractive-free black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood, *BioResources*, 7(2), 2236-2248. DOI: 10.15376/biores.7.2.2236-2248.
- Çamlıbel, O., Ayata, Ü., (2020), Monkey pod odununda yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin ve shore-D sertlik değerinin belirlenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 93-100. DOI: 10.33725/mamad.827211.
- Dubey, M.K., Pang, S., Walker, J., (2011), Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of *Pinus radiata* D. Don wood with oil heat-treatment, *Holzforschung*, 66, 49-57.
- Esteves, B., Marques, A.V., Domingos, I., Pereira, H. (2008a), Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood, *Wood Science and Technology*, 42(5), 369-384. DOI: 10.1007/s00226-007-0157-2.
- Esteves, B.M., Domingos, I.J., Pereira, H.M., (2008b), Pine wood modification by heat treatment in air, *BioResources*, 3(1), 142-154.
- Gierlinger, N., Jacques, D., Grabner, M., Wimmer, R., Schvanninger, M., Rozenberg, P., Paques, L.E., (2004), Colour of larch heartwood and relationships to extractives and

- brown-rot decay resistance, *Trees-Structure and Function*, 18(1), 102-108. DOI: 10.1007/s00468-003-0290-y.
- Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., Esteves, B., Sivrikaya, H., ve Can, A., (2017), ThermoWood metoduna göre ısıtılmış santos, gül ve üvez odunlarında renk ve parlaklık özelliklerinin belirlenmesi, 2. Uluslararası Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Konferansı Kapadokya (IMSTEC 2017), 11-13 Ekim, Nevşehir, Türkiye, 401-407.
- Hall, J.B., Swaine, M.D., (1981), *Geobotany: Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest*, Forest Vegetation in Ghana, W. Junk Publishers, The Hague.
- Hill, C., (2006), *Wood modification: chemical, thermal and other processes*, John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- Hon, D.N.S., Minemura, N., (2001), Color and discoloration, in: *Wood and Cellulosic Chemistry 2nd Ed.*, Marcel Dekker, New York, USA , pp. 385-442.
- Irvine, F.R., (1961), *Woody plants of Ghana*, Oxford University Press, London, UK.
- ISO 2813, (1994), *Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 554, (1976), *Standard atmospheres for conditioning and/or testing*, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Kageyama, P.Y., Sebbenn, A.M., Ribas, L.A., Gandara, F.B., Castellen, M., Percim, M.B., Vencovsky, R., (2003), Genetic diversity in tropical tree species from different successional stages determined with genetic markers, *Scientia Forestalis*, 64, 93-107.
- Kamperidou, V., Barmpoutis, P., (2015), Correlation between the changes of colour and mechanical properties of thermally modified scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) wood, *Pro Ligno*, 11(4), 360-365.
- Kouadio, K., N'guessan, K., Kouassi, K.H., Ettien, K.B.R., (2013), Initial growth of *Pterygota macrocarpa* Schumann (Sterculiaceae) depending of the light intensity in Côte d'Ivoire, *Journal of Applied Biosciences*, 68, 5356-5365.
- Lorenzi, H., (2002), *Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo das Plantas Arbóreas do Brasil*. 4th edition. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 368 pp.
- Louppe, D., Oteng-Amoako, A.A., Brink, M., (2008), *Plant Resources of Tropical Africa*, 7(1), Timbers 1, PROTA Foundation. Wageningen, Netherlands / Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands/CTA, Wageningen, Netherlands. 704 pp.
- Mburu, F., Dumarcay, S., Bocquet, J.F., Petrissans, M., Gerardin, P., (2008), Effect of chemical modifications caused by heat treatment on mechanical properties of *Grevillea robusta* wood, *Polymer Degradation and Stability*, 93, 401-405.
- Militz, H., (2002), Thermal treatment of wood: European processes and their background, In: *The 33rd annual meeting, proceedings, IRG/WP 02-40241*. Cardiff, Wales; p. 1-17.
- Mitani, A., Barboutis, I., (2014), Changes caused by heat treatment in color and dimensional stability of beech (*Fagus sylvatica* L.) wood, *Drvna Industrija*, 65(3), 225-232. DOI: 10.5552/drind.2014.1250.
- Mori, F.A., Mendes, L.M., Trugilho, P.F., Cardoso, M.G., (2003), Use of wood of *Eucalyptus* sp and native in the storage of the sugar cane spirit, *Food Science and Technology*, 23(3), 396-400. DOI: 10.1590/S0101-20612003000300018.

- Paradis S., Guibal, D., Gérard, J., Beauchêne, J., Brancheriau, L., Cabantous, B., Châlon I., Daigremont, C., Déienne, P., Fouquet, D., Langbour, P., Lotte, S., Mègean, C., Parant, B., Thévenon, M., Thibaut, A., Vernay, M., (2015), TROPIX 7.5.1: caractéristiques technologiques de 245 essences tropicales et tempérées. Montpellier: CIRAD-PERSYST, 1 p. N° de certification: IDDN.FR.001.070032.002.S.P.2002.000.30615 ISBN 978-2-87614-680-8.
- Poncsak, S., Kocaeefe, D., Bouazara, M., Pichette, A., (2006), Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*), *Wood Science and Technology*, 40(8), 647-663. DOI: 10.1007/s00226-006-0082-9.
- Ruffo, C.K., Birnie, A., Tengnas, B., (2002), Edible plants of Tanzania. RELMA Technical Handbook Series 27, Nairobi, Kenya: Regional Land Management Unit, Swedish International Development Cooperation Agency (Sida), 766 p.
- Sebbenn, A.M., Kageyama, P.Y., Siqueira, A.C.M.F., Zanatto, A.C.S., (2000), Mating system in populations of *Cariniana legalis* Mart. O. Ktze: Implications for genetics conservation and improvement, *Scientia Forestalis*, 58, 25-40.
- Sivrikaya, H., Can, A., de Troya, T., Conde, M., (2015b), Comparative biological resistance of differently thermal modified wood species against decay fungi, *Reticulitermes grassei* and *Hylotrupes bajulus*, *Maderas. Ciencia y tecnolog ía*, 17(3), 559-570.
- Sivrikaya, H., Ekici, E., Can, A., Taşdelen, M., Gökmen, K., (2015a), Effect of heat treatment on the weathering and hardness properties of some wood species, Proceedings of the 11th Meeting of the Northern European Network for Wood Sciences and Engineering (WSE), 83-91.
- Sivrikaya, H., Tesařová, D., Jeřábková, E., Can, A., (2019), Color change and emission of volatile organic compounds from Scots pine exposed to heat and vacuum-heat treatment, *Journal of Building Engineering*, 26, 100918.
- Sweet, M.S., Winandy, J.E., (1999), Influence of degree of polymerization of cellulose and hemicellulose on strength loss in fire-retardant-treated southern pine, *Holzforschung*, 53(3), 311-317. DOI: 10.1515/hf. 1999.051.
- Şanıvar, N., Zorlu, İ., (1980), Ağaç işleri gereç bilgisi temel ders kitabı, Mesleki Ve Teknik Öğretim Kitapları, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, Etüd ve Programlama Dairesi Yayınları No: 43, 472 sayfa.
- Taylor, C.J., (1960), Synecology and silviculture in Ghana, The University College of Ghana, Nelson and Sons Ltd, London, UK.
- Uphof, J.C.T., (1959), Dictionary of economic plants, Weinheim, H.R., Engelmann (J. Cramer), New York: Hafner Publishing Co., Codicote, Herts: Wheldon and Wesley, Ltd.
- Yıldız, S., Can, A., (2012), Corrosion properties of heat treated spruce, European Black Pine, Beech and Poplar wood species. I. In National Mediterranean Forest and Environment Symposium, *KSU J. Engineering Sci.*, Special (No. 62-68).



### Zaman etüdü ve ahşap kent mobilyasında bir uygulama örneği

Halil Erdem Yücel<sup>1</sup> , Tuncer Dilik<sup>2\*</sup> 

#### Öz

Bu makalede, zaman etüdü ile ilgili olarak mobilya endüstrisinde yeterli bir uygulamanın olmadığı ve bilimsel çalışmaların bulunmadığı gerçeğinden hareketle, ahşap kent mobilyası üretimi örneği üzerinden bir zaman etüdü uygulaması incelenmiştir. Araştırma çerçevesinde, 10'ar adet ön etüt çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan ön etüt sonucu, üç makine ve bir aşamada 10'ar adet zaman ölçümü yapılmıştır. Standart sapmalar, %95 güvenle %5 hata payı ile hesaplanmıştır. Bu çalışmadaki zaman etüdü, ahşap kent mobilyaları üreten bir işletmedeki piknik masasının ve bankın montaj aşamasındaki standart zamanının tespitine yönelik uygulanmıştır. Bu kapsamda, elde edilen temel zaman verileri üzerinden değerlendirme yapıldığında bir adet piknik masasının montajı için standart zamanın 11.58 dakika, bank montajı üretim standart zamanının ise 7.26 dakika olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, işletmedeki proses etkinliği göz önüne alınarak değerlendirildiğinde işletmede tam üretim kapasitesine ulaşılamadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, zaman etüdü uygulaması ile incelenen işletmenin üretim kapasitesinin çok altında çalıştığı belirlenmiş olup, işletmenin öncelikli olarak esnek üretim sistemlerine göre yeniden planlanmasının sağlanarak üretim miktarını ve verimliliğini arttırabileceği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, ahşap kent mobilyası ve benzeri üretim alanları için zaman etüdü uygulamaları ile işletmelerin ileriye dönük yatırım ve maliyet hesaplarına kaynak teşkil edebilecek veri alt yapısına sahip olabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Zaman etüdü, Ahşap kent mobilyası, İş etüdü.

### Time study and an example of application in wood urban furniture

#### Abstract

In this study, due to the fact that there is no sufficient application in the furniture industry and there are no scientific studies regarding the time study in this industry, a time study application was examined through the example of the production of wooden urban furniture. Within the framework of the research, 10 preliminary studies were conducted. As a result of the preliminary study conducted in this context, at the three machines and one stage, 10 times measurements were made. Standard deviations have been calculated with 95% confidence and 5% margin of error. Time study has been applied for the determination of the standard time in the assembly stage of the picnic table and the bench, which are the products of an enterprise producing wooden urban furniture. When the evaluation is made over the basic time data obtained in this context, it has been determined that the standard time for the assembly of one picnic table is 11.58 minutes, and the bench assembly production standard time is 7.26 minutes. Accordingly, considering the process efficiency in the enterprise, it was determined that the full production capacity in the enterprise could not be reached. As a result, it has been determined that the enterprise studied with the time study application is operating well below its production capacity and it has been revealed that the enterprise can increase production quantity and efficiency by ensuring that the enterprise is primarily planned according to flexible production systems. In addition, it has been determined that the enterprises may have data infrastructure that may be a source for future investment and cost calculations by time study applications for wood urban furniture and similar production areas.

**Keywords:** Time study, Wooden urban furniture, Work study.

*Makale tarihçesi:* Geliş:21.05.2021, Kabul:17.06.2021, Yayınlanma:28.06.2021. \*e-posta: tuncerd@iuc.edu.tr.

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği, İstanbul/Türkiye.

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye.

Atf: Yücel H. E., Dilik, T., (2021), Zaman etüdü ve ahşap kent mobilyasında bir uygulama örneği, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4 (1), 61-68, DOI: 10.33725/mamad.940285.



## 1 Giriş

Bilindiği gibi günümüz rekabet ortamında işletmelerin var olması, faaliyetlerini sürdürebilmesi ve pazar paylarını arttırabilmeleri öncelikle müşteri memnuniyetinden geçmektedir. Bunun da işletmelerin faaliyetlerine yönelik iş ölçümlerine ve zaman etütlerine sahip olunmasından geçtiğini söyleyebiliriz. Diğer taraftan, yüksek kalite ihtiyacı ve verimlilik gerçek zamanlı ölçüm sistemlerini gerekli kılmaktadır. (Kurtoglu ve Dilik, 2018; 2019). Bu çalışmada, zaman etüdü ile ilgili olarak mobilya endüstrisinde yeterli bir uygulamanın olmadığı ve bilimsel çalışmaların bulunmadığı gerçeğinden hareketle, ahşap kent mobilyası üretimi örneği üzerinden bir zaman etüdü uygulaması incelenmiştir.

Zaman etüdü yöntemi, belirli koşullar altında yapılan belli bir işin öğelerinin zamanı ve derecesini kaydederek ve bu yolla toplanan verileri çözümleyerek, o işin tanımlanan bir çalışma hızında (tempoda) yapılabilmesi için gereken zamanı saptamakta kullanılan bir iş ölçme tekniğidir (Kanawaty, 2004, Korkmaz, 2017).

İş etüdü, iş sistemlerinin incelenmesi ve düzenlenmesine ilişkin yöntem ve deneyimlerin, çalışan kişinin iş yapabilme gücünü ve gereksinimlerini de göz önünde tutarak, işin iyileştirilmesi ve işletmenin daha ekonomik çalışmasını sağlamak amacıyla uygulanmasıdır (Bezen, 2007). Zaman etüdü ise, belirli koşullar altında yapılan belirli bir işin öğelerinin zamanını ve derecesini kaydederek ve bu yolla toplanan verileri çözümleyerek, o işin tanımlanan bir çalışma hızında yapılabilmesi için gereken zamanı saptamakta kullanılan bir iş ölçümü tekniğidir. Buradan hareketle, zaman etüdü özellikleri belirlenmiş bir işin, kalifiye ve normal tempoda çalışan bir işçi tarafından yapılabilmesi için gerekli olan zamanı tespit etmede kullanılan bir iş ölçümü tekniğidir şeklinde tanımlayabiliriz (Bezen, 2007).

Araştırma kapsamında incelenen ahşap kent mobilyası üretiminde, zaman etüdü uygulaması için kullanılan hammadde ve üretilecek ürünlerin seçiminde, araştırmanın yapıldığı işletmenin üretiminde en çok kullandığı malzeme türleri ve makineler göz önüne alınarak uygulama yapılmıştır. Bu amaçla, zaman etüdü çalışmasında montaj aşamasında ölçümü yapılan ürünlerde kullanılan malzeme seçiminde, literatür araştırmalarında ve sektörde faaliyet gösteren işletmelerde de görüleceği üzere, ahşap kent mobilyası üretiminde Ireko, Sapelli, Tik, Ladin, Lareks ve Sarıçam ağaçlarının masif kerestelerinin kullanılmakta olduğu ve tercih edildiği görülmektedir (Dilik ve Gürsoy, 2017).

Bu çalışmanın uygulama aşamasında incelenen işletmedeki üretiminde Sarıçam kerestesinin hammadde olarak kullanılmakta olduğu belirlenmiş olup, Sarıçamın (*Pinus sylvestris*) tercih edilmesinin sebebini, kolay işlenebilir olmasının yanı sıra, fiyatının diğer ağaçlara nazaran uygun olması ve koruyucu yüzey işlemleri ile dış ortama dayanım süresi ile ticari kullanım açısından ön planda tutulması olarak belirtebiliriz (Yücel, 2019; Kurtoglu ve Dilik, 2018).

Çalışmada, incelenen işletmenin özelliği gereği, proje tipi üretim yapan, kent mobilyası ve ahşap yapılar üreten bir işletmenin kent mobilyası olarak ürettiği ürünlerden bank ve piknik masası üretiminin montaj aşamasındaki zaman etüdünün yapılması planlanmıştır. Bu amaçla, işletmenin kapasitesinin ve standart üretim zamanlarının kayıt altına alınarak belirlenmesi, aynı zamanda sektörel olarak yeni üretim metotlarının ve standart zamanların oluşmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca, etkin olunamayan süreleri tespit ederek, işçilerin fiziksel ve zihinsel yorgunluklarının azaltılıp verimin arttırılması, yatırım maliyeti olmaksızın var olan şartlar ile üretimin arttırılmasını da araştırmanın amaçları olarak sıralayabiliriz.

## 2 Materyal ve Metot

Bu çalışmada, proje tipi üretim yapan, kent mobilyası ve ahşap yapılar üreten bir işletmenin kent mobilyası olarak ürettiği ürünlerden, piknik masası (Şekil 1) ve bank (Şekil 2) üretiminin montaj aşamasındaki zaman etüdü çalışması yapılmıştır.



Şekil 1. Piknik masası örneği



Şekil 2. Bank örneği

Araştırmada uygulanan yöntemin aşamalarını literatür bilgilerine dayanarak aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Kanawaty, 2004; Doğruer, 2016; Yücel, 2019):

- 1) Zaman etüdü yöntemi uygulanacak iş, işçi ve iş istasyonunun seçilmesi.
- 2) Çevre koşulları hakkında bilginin toplanması (iş, işçi, iş istasyonu ve işin yapılmasını etkileyen etmenler) ve kaydedilmesi.
- 3) Zaman etüdü yapılacak iş ölçüme uygun şekilde elemanlarına ayrılması.
- 4) Gözlem ve ölçümlerin yapılması, kaydedilmesi.
- 5) Gereken gözlem sayısının hesaplanması (Bu amaçla aşağıdaki formül (1) kullanılabilir). Gözlem Sayısının Belirlenmesi (Kurt ve Dağdeviren, 2011).

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{N\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right]^2 \quad (1)$$

Burada;  $N'$ : yapılması gereken gözlem sayısını (%95 güven düzeyi ve  $\pm\%5$  hata payı ile) (adet),  $N$ : mevcut durumda yapılan gözlem sayısını (adet),  $X$ : okunan değerler

- 6) Çalışma hızının derecelendirilmesi, takdir edilmesi Bu amaçla, Çizelge 1'den faydalanılır.

Çizelge 1. 0-100 derecelendirme ölçeği (Kanawaty, 2004).

TANIM	ÖLÇEK 0-100
Etkinlik yok	0
Çok yavaş; beceriksiz, kararsız, işçi yarı uyur vaziyette, işle ilgili değil	50
Dengeli, düşünceli, kaygısız performans, iyi bir denetim altında çalışan işçi gibi, zamanı isteyerek israf etmez.	75
Canlı, düzenli performans, nitelikli işçide olduğu gibi gerekli kalite standardı ve doğruluk güvenle elde edilebilir	100 (standart hız)
Çok hızlı; işçi eğitilmiş ortalama işçinin çok üstünde bir güven, beceri ve hareketlerinde uyum gösterir.	125
Son derece hızlı; çok fazla dikkat ve çaba gerektirir ve uzun zaman sürdürülmesi olanaksızdır, ancak son derece yetenekli birkaç işçinin ulaşabileceği üstün düzeyde performanstır.	150

- 7) Gözlemi yapılan zamanların temel zamanlara dönüştürülüp hesaplanması.  
8) Normal zamana ek olarak payların (toleransların) tespiti. Yapılan işe göre Çizelge 2'den faydalanılabilir.

**Çizelge 2.** Dinlenme payları tablosu (Kobu, 2010).

<b>DİNLENME PAYLARI</b>	
<b>FAKTÖRLER</b>	<b>PAYLAR (%)</b>
A) KİŞİSEL İHTİYAÇLAR	2-5
B) YORULMA PAYLARI	
1) Bedensel Çaba Yorgunluğu ve Beceri	
Çok hafif	2
Hafif ve ustalık isteyen	4
Orta ağırlıkta ve ustalık isteyen	8
Ağır	16
Çok ağır	24
2) Düşünsel Çaba Yorgunluğu	
%30-40 yoğunluk	1
%41-50 yoğunluk	2
%51-75 yoğunluk	4
%76 ve fazlası yoğunluk	8
3) Çalışma Esnasındaki Duruş Pozisyonu	
Oturma	1
Ayakta	2
Eğilme ve uzanma	4
Yürüme	10
4) Gürültü	
Normal sesle konuşmak	0
Konuşmak için ses yükseltmek gerekirse	1
Bağırarak konuşulabiliyorsa	2
Gürültü konuşmayı engelliyorsa	4
Düzensiz ve sürekli normal gürültü varsa	1
5) Göz Yorgunluğu	
Çıplak gözle yapılan işler	0
Gözlük kullanılıyorsa	4
Mikroskop ve benzeri cihazlar kullanılıyorsa	6
6) Çevre ve Ortam Şartları	
Büro ve benzeri yerler	0
Duman ve yağ kokusu olan yerler	3
Aşırı rahatsızlık veren unsurlar varsa	6
Aşırı soğuk ve sıcak ortamlarda	6
Zararlı kimyasal maddelerin bulunduğu yerlerde	6
C) GECİKME PAYLARI	
Dinlenme araları verilmesi (çay içme ve benzeri gibi)	0
Arızı	1-5
Hazırlık	0

9) Zaman etüdü yapılan işlemin standart zamanının hesaplanması aşağıda açıklandığı gibi yapılmaktadır.

Standart zamanın hesaplanmasında aşağıdaki formül ve eşitlikler kullanılır:

Ölçülen Zaman : ÖZ

Normal Zaman : NZ

Standart Zaman : SZ

Tempo : R (%)

Tolerans (%) :  $\alpha$

SZ:  $(\text{ÖZ} \times R) + (\text{ÖZ} \times R \times \alpha)$  hesaplanır. NZ=  $(\text{ÖZ} \times R)$  olduğundan,

SZ :  $\text{NZ} + (\text{NZ} \times \alpha)$  olacaktır, buradan da  $\text{SZ} = \text{NZ}(1 + \alpha)$  olur. Fakat bu formülle işlem yapıldığında birim süre zaman parça adedine göre hesaplama yapılması sonucu ortaya çıkan hesap farklılıkları söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle, çalışmada en kesin sonucu vermesi sebebiyle aşağıdaki formül (2) kullanılmıştır (Kobu, 2010).

$$\text{SZ} = \text{NZ} \times \frac{100}{100 - \alpha} \quad (2)$$

Araştırma kapsamında elde edilen bulgular SPSS paket programı yardımıyla Tek Örnek Kolmogorov-Simirnov testi ile değerlendirilerek, normal dağılım gösterip göstermedikleri %95 güven düzeyinde test edilmiştir.

### 3 Bulgular ve Tartışma

Araştırmada zaman etüdünün aşamalarında belirtildiği, ölçümü yapılacak iş elemanlarına ayrıldıktan sonra derecelendirme ile temel zamanlar belirlenmiş, temel zamanlara paylar eklenerek standart zamanlara ulaşılmıştır. Bu amaçla, öncelikle örnek olarak incelenen ürünlere ait olmak üzere, işlemleri tamamlanan piknik masası ve bank kayıtları paletler halinde montaj bölümüne getirilip, daha önceden hazırlanmış kalıp masaları yardımıyla montaj işlemi başlatılmıştır.

Bank ve piknik masalarının montajı sırasında her iki ürün içinde ikişer adet işçi çalıştırılmıştır.

Montaj için gerekli olan tüm cıvata, pul, somun, rondela, tapa ve vidalar, montaj sırasında kullanılacak olan el aletleri; şarjlı vidalama makinesi, somun sıkma makinesi, plastik tokmaklar, delme burguları, vidalama uçları montaj alanında hazır bir vaziyete getirilmiştir. Her iki ürün içinde dinlenme payları ve toleranslar tespit edilmiştir. Piknik masası ve bank montajı elemanlarının tamamı işçiye bağlı elemanlar olduğu görülmektedir.

Piknik masası montajı daha önceden ustalar tarafından imal edilmiş olan kalıp masasında montajlanmaktadır. Piknik masası montajı için işin elemanlarına ayrılması aşağıda açıklandığı gibi tanımlanmıştır:

1. eleman: Masa bağlantı parçalarına ön delik açılması,
2. eleman: Oturma bağlantı parçalarına ön delik açılması,
3. eleman: Bağlantı cıvata somun ve tapaların hazırlanması,
4. eleman: Masa üst tabla parçalarının kalıp masasına yerleştirilmesi,
5. eleman: Masa üst tablaya masa bağlantı parçaları ve klapanın vidalanması ve masa tablasının kalıptan sökümü,

6. eleman: Oturma kaplama kayıtlarının kalıba yerleştirilmesi,
7. eleman: Oturma bağlantı parçalarının ve klapanın oturma kaplamalarına vidalanması,
8. eleman: Oturma kaplamaların kalıptan sökümü,
9. eleman: Masa altı karkasların ayaklar ile bağlanması,
10. eleman: Masa tablasının ayak karkas bağlantısına cıvatalar ile bağlanması,
11. eleman: Masa altı çapraz kayıtların vidalanması,
12. eleman: Oturma kaplamaların ayak karkas kısmına vidalanması.

Bank için montajın elemanlarına ayrılması işlemi ise aşağıda açıklandığı gibi tanımlanmıştır:

1. eleman: bank kayıtlarına cıvataların çakılması,
2. eleman: Oturma ve sırtlık kısmına yerleştirilecek kayıtlarının döküm ayaklar üzerine yerleştirilmesi,
3. eleman: Somunların ve pulların gevşek bir şekilde elle cıvatalara sıkıştırılması,
4. eleman: Somunların vidalama makinesi ile sıkıştırılması,
5. eleman: Alt orta bağlantı milinin bağlanması.

Bu kapsamda yapılan çalışmalar sonucu, piknik masası ve bank için montaj işlemine ait temel zamanlar ve standart zamanlara ait bulgular Çizelge 3, Çizelge 4 ve Çizelge 5 te gösterildiği gibi belirlenmiştir. Buna göre, piknik masası için montaj aşamasında standart üretim zamanının 695.14 saniye olduğu ortaya çıkarken, bank için bu üretim zamanının 435.82 saniye olduğu ortaya çıkmıştır. Zaman etüdü çalışmalarında elde edilen bu verilerin, işletmeler çalışma ve işgücü planlamasında önemli bir kaynak olduğu söylenebilir. Zira, bunun önemi çeşitli literatür çalışmalarında da ortaya konulmaktadır. Örneğin, Akyüz (2012)'de levha tipi mobilya üretimi yapılan bir işletmede yapmış olduğu çalışmada zaman etüdü sonucunda üretim miktarının %7,6 oranında arttırıldığını tespit etmiştir. Ancak bu araştırmanın yapıldığı işletmede daha önce benzer bir çalışma yapılmadığı için kapasite artışına yönelik bir karşılaştırma yapılamamıştır. Bundan sonraki benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlar temel veri olarak esas alınabileceği söylenebilir.

**Çizelge 3.** Piknik masası ve bank için dinlenme payları tablosu

<b>DİNLENME PAYLARI</b>	
<b>FAKTÖRLER</b>	<b>PAYLAR (%)</b>
A) KİŞİSEL İHTİYAÇLAR	2
B) YORULMA PAYLARI	
1) Bedensel Çaba Yorgunluğu ve Beceri	
Hafif ve ustalık isteyen	4
2)Düşünsel Çaba Yorgunluğu	
%30-40 yoğunluk	1
3) Çalışma Esnasındaki Duruş Pozisyonu	
Eğilme ve Uzanma	4
4) Gürültü	
Normal sesle konuşmak	0
5) Göz Yorgunluğu	
Çıplak gözle yapılan işler	0
6) Çevre ve Ortam Şartları	
Duman ve yağ kokusu olan yerler	3
C) GECİKME PAYLARI	
TOPLAM	14

**Çizelge 4.** Piknik masası montajı için tespit edilen standart zamanlar tablosu

STANDART ZAMANLARIN TESPİTİ												
İşlem: MONTAJ AŞAMASI PİKNİK MASASI MONTAJI												
PAY ORANI: 14												
SZ= STANDART ZAMAN	SZ=TZx(100/(100-PAY ORANI))				TZ= TEMEL ZAMAN		x̄=ORTALAMA S=STANDART SAPMA					
ELEMEN NO	STANDART ZAMANLAR										x̄	S
	SZ1	SZ2	SZ3	SZ4	SZ5	SZ6	SZ7	SZ8	SZ9	SZ10		
1	66.28	67.97	68.66	69.13	75.83	72.14	70.43	68.81	76.28	72.97	70.85	3.36
2	23.95	25.83	24.79	26.35	27.27	28.02	27.41	27.78	26.43	26.58	26.44	1.30
3	39.98	40.79	41.63	39.30	41.31	38.99	41.92	42.44	40.17	40.67	40.72	1.13
4	27.08	28.85	29.97	31.20	31.51	32.70	27.18	27.42	29.72	26.95	29.26	2.09
5	179.65	190.03	193.52	186.45	187.79	181.70	188.62	192.04	181.47	182.28	186.36	4.85
6	21.50	25.65	23.94	27.01	24.99	21.91	22.80	23.64	26.41	26.20	24.41	1.94
7	44.77	42.69	41.79	42.37	43.79	43.15	41.71	42.65	43.87	42.95	42.97	0.96
8	14.87	15.09	15.70	15.40	16.40	14.72	15.06	17.29	15.93	15.33	15.58	0.79
9	117.29	129.01	133.86	135.73	111.09	131.73	137.99	138.72	113.59	131.08	128.01	10.23
10	28.32	26.13	25.79	26.29	25.02	25.68	24.66	26.20	26.00	27.64	26.17	1.10
11	43.69	44.34	45.97	42.78	43.12	44.65	47.81	47.17	46.00	47.33	45.28	1.82
12	57.45	60.52	61.16	57.64	57.59	59.41	58.28	57.42	62.47	58.92	59.09	1.77
TOPLAM	664.83	696.89	706.78	699.64	685.71	694.82	703.87	711.60	688.34	698.89	695.14	13.23

**Çizelge 5.** Bank montajı için tespit edilen standart zamanlar tablosu

STANDART ZAMANLARIN TESPİTİ												
İşlem: MONTAJ AŞAMASI BANK MONTAJI												
PAY ORANI: 14												
SZ= STANDART ZAMAN	SZ=TZx(100/(100-PAY ORANI))				TZ= TEMEL ZAMAN		x̄=ORTALAMA S=STANDART SAPMA					
ELEMEN NO	STANDART ZAMANLAR										x̄	S
	SZ1	SZ2	SZ3	SZ4	SZ5	SZ6	SZ7	SZ8	SZ9	SZ10		
1	196.40	199.31	203.19	198.28	204.74	196.56	202.88	204.00	197.51	198.20	200.11	3.24
2	82.27	82.43	88.77	90.87	89.77	82.20	84.90	83.69	84.17	87.27	85.63	3.28
3	73.82	78.71	79.68	72.90	74.24	75.48	77.15	76.03	77.56	74.67	76.02	2.21
4	72.40	74.58	76.07	73.80	71.93	74.72	76.33	72.75	74.39	73.60	74.06	1.46
5	104.86	106.58	109.69	106.81	112.14	105.80	106.17	108.81	107.17	105.41	107.35	2.24
TOPLAM	424.88	435.03	447.71	435.85	440.68	428.97	441.26	436.47	433.63	433.73	435.82	6.42

#### 4 SONUÇLAR

Araştırma kapsamında incelenen işletmedeki piknik masası ve bank üretimindeki montaj aşamasına yönelik zaman etüdüne dayanarak aşağıdaki sonuçlar ileri sürülmüştür.

- Zaman etüdü; işçi ve üretim verimliliği konusunda, kayıp zamanların tespiti konusunda, yönetimden kaynaklı aksamaların tespitinde, işletme adına ve bu sektörde çalışan, çalışmayı düşünenler adına fayda sağlayacak bir çalışmadır.
- Çalışma bulgularında bahsedilen zamanlar göz önüne alındığında; incelenen fabrikanın günde 10 saat çalışmakta olduğu, bu 10 saatin; 1 saatinin yemek molası ve 15 dakikalık 2 defa çay molası düşüldüğünde 510 dakikalık net çalışma süresinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma kapsamında montaj aşamasında günde 44.04

adet piknik masası montajının tamamlanabildiği, bank olarak ise bir günde 70.24 adet bankın montajlandığı belirlenmiştir. Buradan, araştırmancının yapıldığı işletmenin üretim kayıtları tutması ve istatistiki bir veri kaynağı oluşturması bakımından yetersizlik içinde olduğu ve işletmede öncelikle bu amaçla bir metot geliştirme çalışması yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

- İncelenen işletmede montaj aşamasında 2 işçinin çalıştığı gerçeğinden hareketle belirlenen bu tespitlere göre, işçi sayısının artırılarak montajı yapılan bank ve piknik masası sayısının arttırılabileceği ortaya çıkmıştır.
- Ayrıca, bu çalışmada, zaman etüdü ile ilgili olarak orman endüstrisinde yeteri kadar çalışma olmadığı tespiti ile birlikte bunun gibi çalışmaların özellikle ahşap kent mobilyası üreticileri için kaynak teşkil edebileceği ve orman endüstrisi alanında çalışanlara yararlı olabileceği sonucu ve önerisi ortaya çıkmıştır.

### Teşekkür

Bu makale, birinci yazarın İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde yapmış olduğu “Ahşap Kent Mobilyası Üretiminde Zaman Etüdü Uygulaması” isimli Yüksek Lisans Tezindeki verilerden yararlanılarak hazırlanmıştır. 02-05 Kasım 2020 tarihinde düzenlenmiş olan “VI. INTERNATIONAL FURNITURE CONGRESS-IFC 2020 KTÜ, TRABZON/TURKEY” Kongrede sözlü olarak sunulmuştur. Araştırmancının uygulama çalışmalarına sağladığı olanak ve katkılarından dolayı “Turkuaz Park Ahşap Yapı Peyzaj İnş. San. Tic. Ltd. Şti. İşletmesine” teşekkürlerimizi sunarız.

### Kaynaklar

- Akyüz, I., (2012), Yatak odası mobilyası üretiminde zaman etüdü uygulaması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*. Trabzon.
- Bezen, A., (2007), İş etüdü teknikleri ile kalite ve müşteri memnuniyeti ilişkisi: Ambalaj sektöründe bir uygulama, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*.
- Dilik, T., Gürsoy, S., (2017), Kent mobilyasında ahşap malzeme kullanımı ve seçimine yönelik güncel bir değerlendirme, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 847-856.
- Doğruer, İ. M., (2016), İş Etüdü, Açılım Kitap, İstanbul.
- Kanawaty, G., (2004), İş Etüdü, Milli Podüktivite Merkezi Yayınları/ ILO:29, Ankara.
- Kobu, B., (2010), Üretim Yönetimi, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- Korkmaz, İ. H., (2017), İşletmelerin lojistik faaliyetlerinde iş analizi ve zaman etüdü: Gaziantep'te Bir Vaka İncelemesi, Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*.
- Kurt, M., Dağdeviren, M., (2011), İş Etüdü, YESD Yayınevi, Ankara.
- Kurtoğlu, A., Dilik, T., (2018), Mobilya ve Doğrama Konstrüksiyonları Ders Notu (Basılmamıştır), İ.Ü.-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bahçeköy/İstanbul
- Kurtoğlu, A., Dilik, T., (2019), *Mobilya Endüstrisi Ders Notu (Basılmamıştır)*, İ.Ü.-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bahçeköy/İstanbul.
- Yücel, H. E., (2019). Ahşap kent mobilyası üretiminde zaman etüdü uygulaması, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul.



### Yerli ve yabancı ağaç türlerinin bazı teknolojik özellikleri üzerine deniz suyunun etkisinin araştırılması

İsmail Güneş<sup>1</sup> , Murat Özalp<sup>2\*</sup> 

#### Öz

Bu çalışmada, Türkiye keresteciliğinde önemli kullanım alanına sahip iki tür olan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ağaçlarının diri odunları ve Tropik ağaç türü olan Tali (*Erythrophleum suaveolens*), Teak (*Tectona grandis*) ve Mkuruti (*Baphia kirkii*) ağaç türlerinin odunları kullanılmıştır. Bu odun türlerinin fiziksel (yoğunluk) ve mekanik (eğilme direnci, basınç direnci) özelliklerinin belirlenmesi için test numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler Tanzanya Zanzibar adasında Hint okyanus suyu içerisinde 1 yıl süre ile bekletilmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde sarıçam ve tropik ağaç türlerinin yoğunluk değerlerinin deniz suyuna maruz bırakılması ile arttığı, kayın örneklerinin yoğunluk değerlerinde ise önemli derecede bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. Deniz suyuna maruz bırakılan yerli ağaç türlerinin eğilme direnci özelliklerinde kontrol örneklerine kıyasla belirgin bir düşüş görülmüştür. Tropik ağaç türlerinin eğilme dirençlerinde hafif değişimler tespit edilmiş olup, Tali ve Mkuruti örneklerinde ise artış yönünde bir değişim görülmüştür. Yerli ağaç türlerinin basınç direnci özelliklerinde ise deniz suyuna maruz bırakılmış örneklerin kontrol örneklerine nazaran azalma görülürken, tropik ağaç türlerinde ise artış belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tropik ağaç türleri, Masif odun, Hint Okyanusu, Mekanik ve fiziksel özellikler.

### Investigation of the effect of sea water on some technological properties of domestic and foreign tree species

#### Abstract

In this study, the sapwood of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) and Beech (*Fagus orientalis* L.) which are the two important species in the Turkey lumber industry and the wood of Tali (*Erythrophleum suaveolens*), Teak (*Tectona grandis*) and Mkuruti (*Baphia kirkii*) which are the tropical species were used. The test specimens were prepared to determine the physical (density) and mechanical (bending strength, compression strength) properties according to standard. The prepared test samples were dipped into Indian Ocean water obtained in Zanzibar Island of Tanzania for one year. It was determined that the density values of Scotch pine and tropical tree species increased with seawater exposure and there was no significant change in the density values of beech samples. The bending strength properties of the local tree species which exposed to seawater were significantly reduced compared to the control samples. Slight variations were determined from bending strength of tropical tree species. A positive interaction was measured from Tali and Mkuruti samples. The decreasing was determined on the compressive strength properties of the local tree species samples which exposed to seawater, while the increase from tropical tree species samples.

**Keywords:** Tropical wood species, Solid wood, Indian Ocean, Mechanical and physical properties.



## 1 Giriş

Ahşap ürünleri, barınma başta olmak üzere savunma, üretim, estetik alanlarda en çok tercih edilen hammaddelerin başında gelmiştir. İnsanlığın her döneminde çok fazla tercih edilmesinin temel nedeni kolay ulaşılabilir ve ucuz bir hammadde olmasıdır. İlerleyen teknoloji her geleneksel ürünü gözden düşürdüğü gibi ahşap ürünlerini de gözden düşürmüştür ve bunun sonucunda kimyasallarla elde edilen sentetik ürünler ahşap ürünlerinin yerini almaya başlamıştır (Özen,1996). Deniz delicileri tarafından ahşap malzemelerin tahribatı ve bu tahribattan kaynaklanan ekonomik kayıplar beton ve çelik kullanımının artmasına neden olmuştur. Ancak sera gazı etkisinin düşük olmasının yanı sıra performansı ve diğer yapı malzemelerine (beton, çelik vb.) göre düşük özgül ağırlığı nedeniyle ahşabın kullanımı tercih edilmektedir (Borges ve ark. 2003; Bergman ve ark. 2014). Ağaç malzemede bozulma öncelikle yüzey kesimlerde görülmektedir. Bu durum zamanla ahşap yapının içlerine doğru işlemektedir. Burada asıl önemli nokta ise ahşap dokunun suyun içinde bulunan kısımlarında meydana gelen bozulmalardır. Bu bölümler aşınmadan yapının su dışında kalan bölümlerinden farklı şekilde etkilenmektedir. Çünkü suya temas eden bölgelerde meydana gelen bozulmalar yumuşakçaların ve kabukluların odundan oluşan bölgelere yerleşmelerini kolaylaştırmaktadır (Eaton,1985). Ağaç ürünleri denizde devasa yapılarda olduğu gibi nispeten daha ufak yapıların üretiminde de kullanılmıştır. Her ne kadar günümüz teknolojisinde farklı yapı teknikleri geliştirilse de gemi, yat, yalı, iskele gibi yapılarda da üstün özelliklerinden dolayı kullanılmış ve kullanılmaya devam edilmektedir. Tropik bölgelerden elde edilen odunlar her ne kadar doğal olarak mukavemeti iyi ise de deniz suyuyla etkileşime gireceği zaman çeşitli kimyasallarla güçlendirilmiştir (Dillon, 2005). Deniz ortamında bulunan yapılar farklı sebeplerle aşınmaya maruz kalmaktadır. Bunların içinde en önemlileri yapıya yapışarak orada kendine uygun yaşam alanı yaratan canlılara “fouling organizmalar” denilmektedir (Bobat,1994). Fouling organizmaların kendilerine yaşam alanı yaratırken meydana getirdikleri yıpranmaya da “fouling olayı” denilmektedir (Kırlı, 2005). Suda bulunan organizmalar ağaç malzemede yüzeysel bozulmalara sebep olmaktadır. Bu bozulmalar her ne kadar önemli olsa da asıl önemli bozulmayı odun içini kendine yaşam alanı olarak belirleyen deniz canlıları yapmaktadır. Malzemenin içine farklı yollarla giren bu canlılara “boring organizmalar” denilmektedir (Bobat, 1999). Denizde yumuşakçaların ve kabukluların bulunup bulunmaması sıcaklık, deniz suyunun barındırdığı tuz, suda var olan kirlilik gibi birçok önemli etkene bağlıdır. Seçilecek ağaç ürünü bu yüzden her bölgede farklı olmalıdır. Yapının bulunduğu derinlik, yapıda kullanılan kimyasallar da bu organizmaların deniz suyuna temas eden yapılarda dağılımını ve etkisini artıran ya da azaltan etkenlerdir (Perçin, 2007). Suda ikisi kabuklu ikisi yumuşakça olan dört türden odun delici vardır. Bu kabukluların ve yumuşakçaların kendi içlerinde birçok türü mevcuttur. Suda ahşap ürünlerin bozulması teredinid, pholads gibi yumuşakçalar ve isopod, amphipod gibi kabuklular tarafından gerçekleştirilmektedir (Sivrikaya, 2004). Bununla birlikte dayanıklılığı artıran bazı kimyasallar denizdeki ekolojik sistem için kimi problemleri yanında getirmektedir. Bu kimyasallar sadece deniz canlıları için değil aynı zamanda insan sağlığı için de sakıncalı olabilmektedir. Avrupa’da ve Amerika Birleşik Devletlerinde bu sebeplerden ötürü bu maddelerin denizel ortamlarda kullanılması men edilmiştir (Bliven ve Pearlman, 2003).

Maddi kayıplar üzerine birçok araştırma yapılmış, örneğin Avustralya’da yılda 20 milyon dolar dolaylarında zarara sebebiyet veren deniz zararlıları deniz suyundaki ağaç ürünlerini büyük bir hızla tahrip ettiği görülmüştür (Cookson, 1986). Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir çalışmada, ülkede denizlerinde bulunan ağaç yapılarda yıllık 500 milyon dolar civarı kayıp yaşandığı tespit edilmiştir (Helsing, 1979). Hindistan’ın Cochin limanında yapılan bu çalışmada 15 ağaç koruma yöntemi incelenmiştir. Yapılan çalışma üç yıl

sürmüştür. Bu çalışmada suya ağaç direkler bırakılmış ve meydana gelen bozulmalar takip edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda dokuzuncu ayın sonunda güçlendirme yapılmamış ürünlerde yoğun bir şekilde deniz zararlılarının varlığı tespit edilmiştir (Cheriyen ve Cheriand, 1975). Hindistan’da yapılan başka bir çalışma da balıkçı tekneleri üzerinedir. Bu çalışmada odun delicilerin tekne inşasında kullanılan 59 çeşit ağaçta meydana getirdiği hasar gözlemlenmiştir. Araştırmanın sonunda delicilerin ağaç ürünlerinde ciddi zararlar meydana getirdiği görülmüştür. Günümüzde bu türden deniz zararlılarını ahşap üründen uzak tutmak için zehirli boyalar kullanıldığı da bilinmektedir. Bu sayede zararlıının yapıya yerleşmesi engellenir (Santhakumaran ve Jain, 1981).

Bu çalışmanın amacı, emprenyesiz yerli ve yabancı ağaç türlerinin deniz suyuna maruz bırakılarak bazı teknolojik özelliklerdeki değişimini belirlemektir. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı emprenyesiz yerli ve yabancı odun örneklerinin doğal dayanıklılıklarının karşılaştırılmasıdır.

## 2 Materyal ve Metot

### 2.1 Materyal

Bu çalışmada, Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ağaçlarının diri odunlarının yanı sıra tropik ağaç türü olan Teak (*Tectona grandis*), Tali (*Erythrophleum suaveolens*) ve Mkuruti (*Baphia kirkii*) ağaç türlerinin odunları kullanılmıştır. Kullanılan Sarıçam ve Kayın diri odunu Kütahya ilinin Simav ilçesinde faaliyet gösteren yerel kereste işletmecilerinden temin edilmiştir. Tropik ağaç türleri ise Doğu Afrika ülkesi olan Tanzania’nın Tanganika Eyaletinde faaliyet gösteren yerel kereste işletmecilerinden temin edilmiştir.

### 2.2 Metot

#### 2.2.1 Test numunelerinin okyanus suyu içerisinde bekletilmesi

Hazırlanan test numuneleri Tanzania Zanzibar adasında elde edilen Hint okyanus suyu içerisinde 1 yıl süre ile bekletilmiştir. Hazırlanan 20x20x300 (mm) ve 20x20x30 (mm) boyutundaki test örnekleri her ağaç türü kendi içerisinde bir grup olacak şekilde 5 farklı file içerisinde 500 litre kapasiteli su tankı içerisinde bekletilmiştir. 1500 mm yüksekliğe sahip olan su tankı içerisinde örnekler tankerin orta noktasında konumlandırılacak şekilde (750 mm yükseklikte) yerleştirilmiştir. Tanker içerisindeki okyanus suyu iki hafta da bir olmak üzere boşaltılarak taze su ile değiştirilmiştir.

#### 2.2.2 Eğilme direnci

Eğilme direnci testi TS 2474 standardına uygun olarak yapılmıştır. Eğilme direnci için 20x20x300 mm ölçülerinde olmak üzere her bir ağaç türü için 10’ar adet olmak üzere toplamda 100 adet eğilme direnci test örneği hazırlanmıştır (TS 2474, 1976). Deney öncesi tüm örnekler 20 °C±2 sıcaklıkta ve %65±5 bağıl nem şartlarında 1 ay süre ile iklimlendirme dolabında, klimatize edilip hava kurusu hale getirilmiştir. Eğilme direnci deneyleri Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği laboratuvarında bulunan 4 tonluk universal deney cihazında gerçekleştirilmiştir. Mesnetler arası açıklık 240 mm olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci değerleri aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Eğilme direnci: } \sigma_e = \frac{3 \cdot P_{\max} \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (1)$$

$\sigma_e$  : Eğilme direnci (N/ mm<sup>2</sup>) ,  $P_{max}$  : Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N), L : Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm), b : Deney parçasının genişliği (mm), h : Deney parçasının yüksekliği (mm) olarak alınmıştır.

### 2.2.3 Basınç direnci

Basınç direnci testi TS 2595 standardına uygun olarak yapılmıştır. Basınç direnci için 20x20x30 mm ölçülerinde olmak üzere her bir ağaç türü için 10'ar adet olmak üzere toplamda 100 adet basınç direnci test örneği hazırlanmıştır (TS 2595, 1976). Deney öncesi tüm örnekler 20°C±2 sıcaklıkta ve %65±5 bağıl nem şartlarında 1 ay süre ile iklimlendirme dolabında klimatize edilip hava kurusu hale getirilmiştir. Basınç direnci deneyleri Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği laboratuvarında bulunan 4 tonluk universal deney cihazında gerçekleştirilmiştir. Uygulanacak olan kuvvet test numunesinin enine kesitine homojen bir şekilde tatbik edilmiştir. Standartta belirtildiği gibi basınç direnci testinin 0.5-1.0 dakika içinde sonlanacak şekilde 5 mm/dk yükleme hızında yapılmıştır. Kuvvet uygulaması numune ezilinceye kadar devam ettirilerek kırılma anındaki maksimum kuvvet tespit edilmiştir. Basınç direnci ( $\sigma_{B//}$ ) aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\sigma_{B//} = \frac{P_{max}}{a \cdot b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2)$$

Basınç direnci :

$P_{max}$  : Kırılma anındaki kuvvet (N), a : Deney parçası enine kesit kenar uzunluğu (mm).  
b : Deney parçası enine kesit kenar uzunluğu (mm).

### 2.2.4 İstatistik hesaplarının yapılması

İstatistik analizlerin yapılmasında Design-Expert® 7.0.3 programı kullanılmıştır.

## 3 Bulgular ve Tartışma

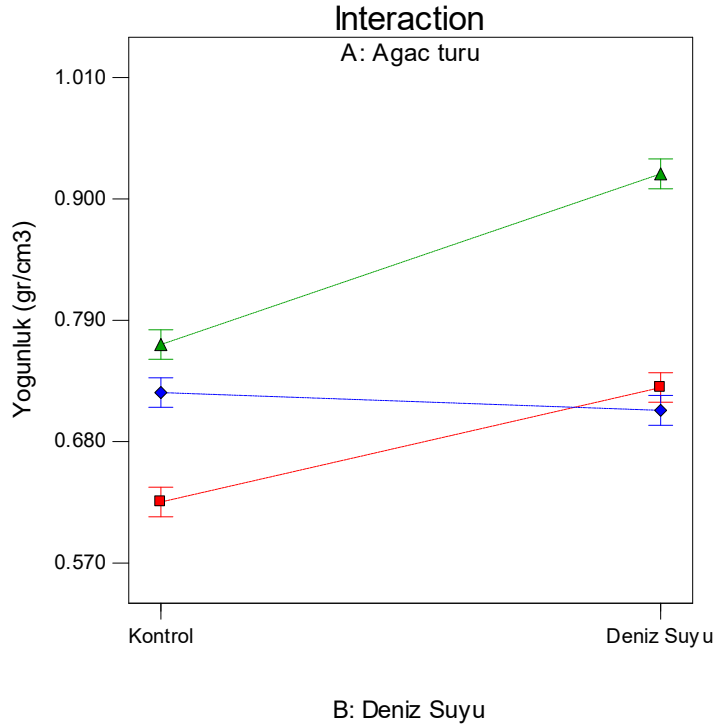
### 3.1 Yoğunluk Değerleri

Her bir ağaç türü için yirmi adet örneğin yoğunluk değerleri ölçülmüştür. Elde edilen hava kurusu yoğunluk değerlerinin ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Örneklerin ortalama hava kurusu yoğunluk değerleri (Güneş,2019).

Deney Kodu	Hava Kurusu Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	
	Ortalama	Standart Sapma
Sarıçam Kontrol	0.492	0.026
Sarıçam Deniz Suyu	0.647	0.049
Kayın Kontrol	0.724	0.031
Kayın Deniz Suyu	0.716	0.073
Teak Kontrol	0.625	0.042
Teak Deniz Suyu	0.729	0.022
Tali Kontrol	0.768	0.019
Tali Deniz Suyu	0.916	0.063
Mkuruti Kontrol	1.138	0.055
Mkuruti Deniz Suyu	1.263	0.056

Yerli ve tropik ağaç türlerinin karşılaştırılmasını yapmak üzere birbirine en yakın yoğunlukta ki ağaç türleri belirlenmiştir. Bu bağlamda yerli yapraklı tür olarak Kayın ağacı, tropik ağaç türlerinden de Teak ve Tali yapraklı ağaç türleri ele alınmıştır. Elde edilen sonuçların istatistik analizleri yapılmış ve etkileşim grafiği Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Kıyaslamalı yoğunluk etkileşim grafiği (Güneş,2019).

Şekil 1’deki kıyaslamalı yoğunluk etkileşim grafiği incelenecek olunursa deniz suyunun yoğunluk değerlerinde ki değişim üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkisinin olduğu görülmüştür ( $P < 0,0001$ ). Elde edilen veriler ışığında deniz suyunda bir sene boyunca bekletilen tropik ağaç türlerinde aynı trend gözlemlenirken, yerli ağaç türü olan Kayın ağacında hafif bir azalma görülmüştür. Teak ağacının kontrol örneklerinin ortalama yoğunluk değerleri Kayın ağacının kontrol örneklerine nazaran daha düşük olsa da, bir yıl deniz suyunda bekletildikten sonra Kayın ve Teak ağacı örneklerinin ortalama yoğunluk değerleri birbirine yakın aralıklarda olduğu görülmüştür. Tali ağacının kontrol örneklerine ait yoğunluk test numunelerinin yoğunluk değerleri yerli ağaç türü olan Kayın ağacına yakın belirlenmiştir. Fakat örneklerin bir yıl süre ile deniz suyunda bekletilmesi sonucunda bu iki türe ait ortalama yoğunluk değerlerinde ki fark giderek artmıştır.

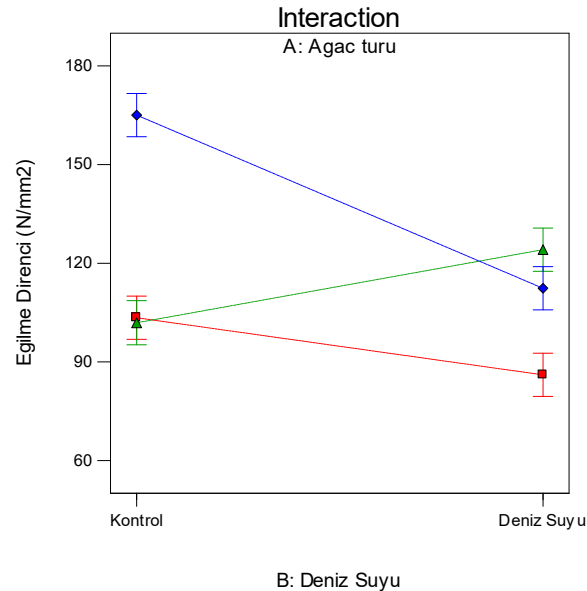
### 3.2 Eğilme Direnci Değerleri

Eğilme direnci değerlerine ait sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. Yerli ve tropik ağaç türlerinin karşılaştırılmasını yapmak üzere birbirine en yakın yoğunlukta ki ağaç türlerinin eğilme direnci değerleri ele alınmıştır. Bu bağlamda yerli yapraklı tür olarak Kayın ağacına ait eğilme direnci örnekleri, tropik ağaç türleri olarak da Teak ve Tali yapraklı ağaç türlerine ait eğilme direnci örnekleri ele alınmıştır. Elde edilen sonuçların istatistik analizleri yapılmış ve etkileşim grafiği Şekil 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Eğilme Direnci Değerleri (Güneş,2019).

Deney Kodu	Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	
	Ortalama	Standart Sapma
Sarıçam Kontrol	98.15	6.96
Sarıçam Deniz Suyu	62.77	7.21
KayınKontrol	165.03	9.65
Kayın Deniz Suyu	112.39	10.70
Teak Kontrol	103.42	19.61
Teak Deniz Suyu	86.06	8.09
Tali Kontrol	106.79	27.09
Tali Deniz Suyu	124.12	9.99
Mkuruti Kontrol	227.59	25.89
Mkuruti Deniz Suyu	233.91	27.27

Şekil 2'deki kıyaslamalı eğilme direnci değerlerine ait etkileşim grafiği incelenecek olursa deniz suyunun eğilme direnci değerlerinde ki değişim üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $P<0,0001$ ). Elde edilen veriler ışığında eğilme direncinde ki en yüksek düşüş (%31,90) deniz suyunda bir sene boyunca bekletilen yerli ağaç türü olan Kayın ağacı örneklerinde gözlemlenmiştir. Tropik ağaç türü olan Teak ağacı eğilme direnci örneklerinde ise kontrol örneklerine göre %16,78 azalma tespit edilmiştir. Bunların aksine tropik ağaç türü olan Tali ağacına ait eğilme direnci örneklerinde ise kontrol örneklerine kıyasla %16,22 bir artış belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda ise ağaç türünün eğilme direnci değerleri üzerine önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $P<0,0001$ ).



Şekil 2. Kıyaslamalı eğilme direnci etkileşim grafiği (Güneş,2019).

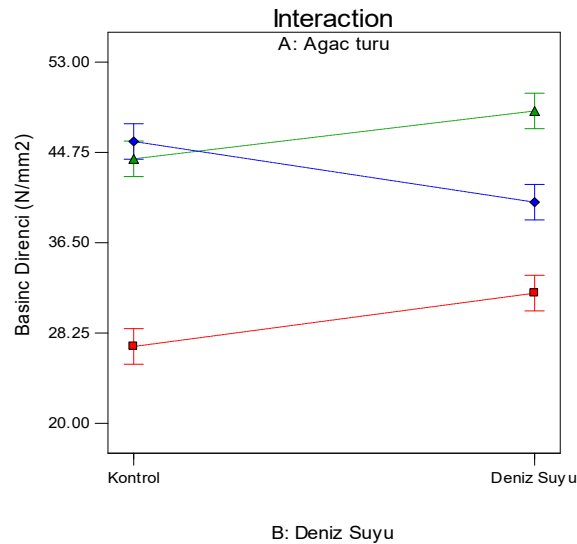
### 3.3 Basınç Direnci Değerleri

Bu araştırmada çalışılan beş ağaç türünün de basınç direnci değerleri belirlenmiştir. Her bir ağaç türü için on (10) adet örneğin basınç direnci değerleri ölçülmüştür. Elde edilen basınç direnci değerlerinin ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Örneklerin ortalama basınç direnci değerleri (Güneş,2019).

Deney Kodu	Basınç Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	
	Ortalama	Standart Sapma
Sarıçam Kontrol	36.38	1.41
Sarıçam Deniz Suyu	31.02	3.71
Kayın Kontrol	45.75	2.31
Kayın Deniz Suyu	40.20	4.28
Teak Kontrol	27.02	5.71
Teak Deniz Suyu	31.89	1.23
Tali Kontrol	44.16	2.89
Tali Deniz Suyu	48.54	3.55
Mkuruti Kontrol	60.61	12.47
Mkuruti Deniz Suyu	71.50	9.54

Birbirine en yakın yoğunlukta ki yerli ve tropik ağaç türleri ele alınarak basınç direnci değerlerinin karşılaştırılmasını yapılmıştır. Yerli ve yapraklı tür olarak Kayın ağacı, tropik ve yapraklı ağaç türleri olarak da Teak ve Tali ağaç türlerinin basınç dirençleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçların istatistik analizleri yapılmış ve etkileşim grafiği Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Kıyaslamalı basınç direnci etkileşim grafiği (Güneş,2019).

Şekil 3'teki kıyaslamalı yoğunluk etkileşim grafiği incelenecek olunursa deniz suyunun basınç direnci değerlerinde ki değişim üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkisinin olmadığı belirlenmiştir ( $P=0.1925$ ). Elde edilen veriler ışığında deniz suyunda bir sene boyunca bekletilen tropik ağaç türlerinin basınç direnci değerlerinde aynı trend gözlemlenirken, yerli ağaç türü olan Kayın ağacının basınç direnci değerlerinde ise negatif bir etki gözlemlenmiş ve basınç direnci değerlerinde %12,13'lük bir azalma belirlenmiştir. Tali ağacının kontrol örneklerinin ortalama basınç direnci değerleri Kayın ağacının kontrol örnekleri ile yakın aralıklarda belirlenmiş olsa da, bir yıl deniz suyunda bekletildikten sonra Kayın odun örneklerinde %12,13'lük azalma ve Tali odun örneklerinde ki %19,26'lık bir artış ile aralarında ki fark grafik üzerinde belirgin hale gelmiştir. Teak odununun basınç direnci örneklerinde ise kontrol örneklerine kıyasla %18,04'lük bir artış belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, ağaç türünün basınç direnci değerleri üzerinde ki değişime etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ( $P<0.0001$ ).

#### 4 Sonuçlar ve Öneriler

Sonuçlar Sarıçam, Kayın, Teak, Tali ve Mkuruti ağaç türlerinden elde edilen odun örnekleri 1 yıl süre ile Hint okyanus suyu içerisinde bekletilmiş ve deniz suyunun ağaç türlerinin fiziksel (yoğunluk) ve mekanik (eğilme direnci, basınç direnci) özelliklerine etkileri belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre;

- Yerli ağaç türlerinden Sarıçam ve Kayın ağaçlarının yoğunluk değerlerine ait etkileşimin, deniz suyunun yoğunluk değerlerinde ki değişim üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir. Tropik ağaç türlerine ait yoğunluk etkileşimi ise, aynı şekilde deniz suyunun yoğunluk değerlerinde ki değişim üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir. Yerli ve tropik ağaç türlerinin karşılaştırılması yapıldığında ise, deniz suyunun yoğunluk değerlerinde ki değişim üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında deniz suyunda bekletilen tropik ağaç türlerinde aynı trend gözlemlenirken, yerli ağaç türü olan Kayın ağacında hafif bir azalma belirlenmiştir.
- Eğilme direncinde gözlemlenen değişim, yapılan istatistik analiz sonucunda deniz suyunun Sarıçam ve Kayın ağaçlarına ait numunelerin eğilme direnci değerlerinde ki değişim üzerine istatistiksel olarak önemli derecede azalma meydana geldiği bu bağlamda önemli derecede etkisinin olduğu görülmektedir. Tropik ağaç türlerine ait eğilme direnci etkileşim grafiği incelenecek olunursa deniz suyunun eğilme direnci değerlerinde ki değişim üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Mkuruti türüne ait bir yıl süre ile deniz suyunda bekletilmiş örneklerin eğilme direnci değerlerinde kontrol örneklerine kıyasla bir artış belirlenmiştir. Bu artış eğilme direnci değerlerini istatistiksel olarak önemli derecede etkilemediği görülmüştür. Buna ilaveten Tali ağacı örneklerine ait eğilme direnci değerlerinde ise kontrol örneklerine nazaran bir artış gözlemlenmiştir. Fakat Teak ağacı örneklerine ait eğilme direnci değerlerinde ise kontrol örneklerine kıyasla bir azalma tespit edilmiştir. Bu bağlamda ağaç türünün eğilme direnci değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.
- Basınç direncindeki değişimler ise yapılan istatistik analiz sonucunda deniz suyunun Sarıçam ve Kayın ağaçlarına ait numunelerin basınç direnci değerlerinde ki değişim üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ağaç türünün de basınç direnci değerleri üzerinde önemli derecede etkisinin olduğu görülmüştür. Deniz suyunda bekletilen her iki ağaç grubu örneklerinin basınç

direnci değerleri kontrol örneklerine kıyasla azaldığı tespit edilmiştir. Tropik ağaç türlerine ait basınç direnci etkileşim grafiği incelenecek olunursa deniz suyunun basınç direnci değerlerinde ki değişim üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tropik ağaç türlerinin basınç direnci değerlerinde birbirine yakın oranlarda artışın olduğu görülmüştür.

### **Teşekkür**

Bu çalışma, İsmail Güneş'in "Yerli ve Yabancı Ağaç Türlerinin Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Deniz Suyunun Etkisinin Araştırılması" başlıklı tezinden türetilmiştir.

### **Kaynaklar**

- Bergman, R., Puettmann, M., Taylor, A., Skog, K. E., (2014), The carbon impacts of wood products, *Forest Products Journal* 64 (7-8), 220-231. DOI: 10.13073/FPJ-D-14-00047
- Bliven S., Pearlman S., (2003), Small docks and piers, massachussets deparmant of environmental protection, Bureau of Resource Protection Wetlands/ Waterways Program, One Winter Street, Boston MA: 02108.
- Bobat A., (1994), Emprenyeli Ağaç Malzemenin Kapalı Maden Ocaklarında ve Deniz İçinde Kullanımı ve Dayanma Süresi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 180 s.
- Bobat, A.,(1999), Çeşitli ağaç türlerinin boring ve fouling organizmalara karşı dayanıklılığı, Mersin: *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Grubu*.
- Borges, L. M. S., Cragg, S. M., Williams, J. R., (2003), Comparing the resistance of a number of lesser known species of tropical hardwoods to the marine borer *Limnoria* using a short term laboratory assay (IRG/WP 03-10500), The International Research Group on Wood Preservation, Brisbane, Australia.
- Cheriyen, P.V., Cherian, C. J., (1975), On the Comparative Efficacy of some indigenous methods for the protection of underwater timber structures. *Bull. Dept. Mar. Sci. Univ. Cochin*. 7, (2), 419-426.
- Cookson, L.J., (1986), Marine Borers and Timber Piling Options, CSIRO Division of Chemical and Wood Technology, Research Review, Australia
- Dillon, J., (2005) Creosote-Treated Wood in Aquatic Environmebonts. Technical Review and Use Recommendations Prepared for, NOAA Fisheries Southwest Division Habitat Conservation Division, Prepared by: Stratus Consulting Inc. PO Box: 4059, Duke University Durham, NC
- Eaton, R. A., (1985), Preservation of Marine Timbers. Preservation of Timber in the Tropics, ed. W.P.K. Findlay, Martinus Nijhoof / DR W. Junk Publishers, ISBN 90-247-3112- 7 Dordrecht, Netherlands, pp. 158.
- Güneş, İ., (2019), Yerli ve Yabancı Ağaç Türlerinin Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Deniz Suyunun Etkisinin Araştırılması, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, Kütahya.
- Helsing,G.G., (1979), Controlling Wood Deterioration in Waterfront Structures. *Sea Technology*, 46: 20-21
- Kırlı, L., (2005), Denizlerde Organokalay Kirlenmesi, *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi* 18 (3), 517-528.



Özen, R., (1996), Friedrich Naumann Vakfı, Konferans Notları

Perçin, O., (2007), Lamine Edilmiş Ahşap Malzemeye Deniz Suyunun Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 122 s.

Santhakumaran, L. N., Jain, J. C., (1981), Observations on the destruction of fishing craft in India by marine wood-borers with special reference to the west coast. IRG/WP Document 472, pp. 1-5.

Sivrikaya, H., (2004), Odunu Tahrip Eden Başlıca Deniz Zararlıları, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi* (6), 136-141.

TS2474, (1976), Odunun statik eğilme dayanımının tayini, TSE, Ankara.

TS 2595, (1976), Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı tayini, TSE, Ankara.



### Mobilya endüstrisinde kullanılan kapak konstrüksiyonları üzerine incelemeler

Mehmet Dağlı<sup>1</sup> , Tuncer Dilik<sup>2\*</sup> , Ahmet Kurtoğlu<sup>3</sup> 

#### Öz

Son yıllardaki mobilya tasarımlarında, işletmelerin sadece kapak konstrüksiyonlarındaki değişiklikler ile yeni modeller oluşturarak mobilya pazarında yer almaya çalıştıkları görülmektedir. Bu kapsamda, özellikle mutfak mobilyasında kullanılan kapak türleri değerlendirilmiştir. Çok çeşitli ürün yelpazesi olan mobilya endüstrisinde, özellikle mutfak, banyo, ofis, TV üniteleri gibi modül standartlarının bulunduğu alanlarda, kapaklar kuşkusuz modülün en önemli parçasını oluşturmaktadır. Kapak, bir modülün ilk göze çarpan ve gövde bölümünü oluşturan diğer parçalara göre, daha fazla işçilik ve özenli bir çalışma gerektiren kısımdır. Bu nedenle, kapakların üretim safhaları büyük önem kazanmaktadır. Araştırmada, kapak konstrüksiyonlarının çeşidini kapağın hareket biçiminin belirlediği ve kullanım yerlerine göre birleştirme yöntemlerinin uygulanmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bunun yanında, kapakların üretim maliyeti üzerindeki paylarının, seçilen kapak modellerine göre değiştiği de görülmekte olup, üretim maliyetinde en fazla paya sahip olan kapakların lake uygulamalı modeller olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, mobilya üreticilerinin gerek uluslararası rekabet gerekse model geliştirilmesindeki etkinliğin artırılması açısından kapak konstrüksiyonlarına yönelik Ar-Ge ve Ür-Ge çalışmalarına öncelik vermelerinin önemi vurgulanmış ve önerilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Mobilya kapakları, mutfak mobilyası, lake kapak, membran kapak

### Examinations on cover constructions used in furniture industry

#### Abstract

In recent years, in furniture designs, it is seen that enterprises try to take part in the furniture market by creating new models only with the changes in the cover constructions. Therefore, the cover constructions in wooden furniture were examined. In the furniture industry where module standards exist, cover constructions are undoubtedly the most important part of the module. The cover is the first eye-catching part of the module that requires more and careful work than the other parts of the body. So, the production stages of the cover constructions are of great importance. In the research, it is revealed that the type of the cover is determined by the movement patterns of the cover and it is necessary to apply the joining methods according to the place of use. Furthermore, it can be covers have a significant share in furniture costs. In addition, it is determined that the covers having the highest share in the production cost are the lacquered application models. As a result, in the framework of the findings, it was emphasized and suggested the importance of furniture manufacturers to prioritize R&D studies for cover constructions in terms of increasing international competitiveness and efficiency in model development.

**Keywords:** Furniture covers, kitchen furniture, lacquered cover, membran cover

Makale tarihçesi: Geliş:17.04.2021, Kabul:07.05.2021, Yayınlanma:28.06.2021, \*e-posta: tuncerd@iuc.edu.tr

<sup>1</sup> Dağlı Mobilya ve Dekorasyon İşletmesi, Bulancak, Giresun/Türkiye,

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye,

<sup>3</sup> Doğuş Üniversitesi, Sanat Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, İstanbul/Türkiye.

Atıf: Dağlı M., Dilik, T., Kurtoğlu, A., (2021), Mobilya endüstrisinde kullanılan kapak konstrüksiyonları üzerine incelemeler, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4 (1), 79-90, DOI: 10.33725/mamad.916215

## **1 Giriş**

Kapaklar, bilindiği gibi mobilyaların önünü kapatan, gerektiğinde açılıp kapanabilen, herhangi bir eşyanın gizlenip görünmemesini sağlayan mobilya elemanları olarak tanımlanmaktadır. Tanımından da anlaşılacağı gibi mobilyaların işlevsel özellikleri üzerinde kapaklar, mobilyanın içerisine konan eşyaları dış etkilerden koruma, kilit, sürgü vb. kapatma mekanizmaları takılmak suretiyle önemli evrak, doküman, malzeme ve eşyaların saklanmasına yardımcı olma gibi önemli görevler üstlenmektedir. Günümüzde, kullanım yeri ve amacına göre değişmekle birlikte mobilyalarda masif ahşap, lif levha, yonga levha, kontrplak vb. ahşap malzemelerden yapılmış kapakların yanı sıra metal alaşımlar, plastikler ve camlardan yapılmış kapakların kullanılmakta olduğu görülmektedir. Örneğin, cam kapaklar daha çok ecza dolabı, vitrin, ilan dolabı ve benzeri teşhir amaçlı kullanılan mobilyalarda kullanılmaktadır (Dilik, 2019; Dilik ve Uçar, 2017).

Literatür bilgilerine göre kapakların farklı gruplar altında sınıflandırıldıkları görülmektedir. Ancak, genellikle tanımlamalarda kapakların açılıp kapanma özelliklerine göre sınıflandırıldığı anlaşılmaktadır. Bu kapsamda, bir kapağın çalışma şekli, kapak hangi konstrüksiyon tekniği ile yapılmışsa o yapıım tekniğinin ismiyle tanımlanmakta olduğu görülmektedir. Kapağın konstrüksiyonu ve açılma şeklinin ise, mobilyanın kullanılacağı yere, teknolojik şartlara, duyulan gereksinmeye ve müşterinin isteğine bağlı olduğu belirtilmektedir (Dilik ve Uçar, 2017; Kurtoğlu ve Dilik, 2019; 2020; Kurtoğlu, 2000).

Son yıllardaki mobilya tasarımlarında, işletmelerin sadece kapak konstrüksiyonlarındaki değişiklikler ile yeni modelleri oluşturarak mobilya pazarında yer almaya çalıştıkları görülmektedir. Bu amaçla, ahşap mobilyalarda kapak konstrüksiyonlarının incelenmesi konulu bu araştırmada, mobilya üretimindeki kapak konstrüksiyonlarının gelişimi ortaya konulmaya çalışılarak mobilya sektöründeki tercih durumlarının belirlenmesi ve üretim maliyetlerinin karşılaştırılması hedeflenmiştir.

## **2 Metot**

Bu çalışmada, literatür incelenmesi, gözlem ve analize dayanan bir yöntem izlenmiştir. Bu kapsamda, sipariş tipi üretim yapan bir işletmedeki, özellikle mutfak mobilyasında kullanılan kapak türleri esas alınarak;

1- Kapak konstrüksiyonlarının tasarım ve model geliştirmedeki etkisinin mobilya sektörü açısından öneminin ortaya konulması,

2- Mutfak trendlerinin etkisi de gözetilerek mutfak mobilyasında en çok tercih edilen kapak türlerinin belirlenmesi,

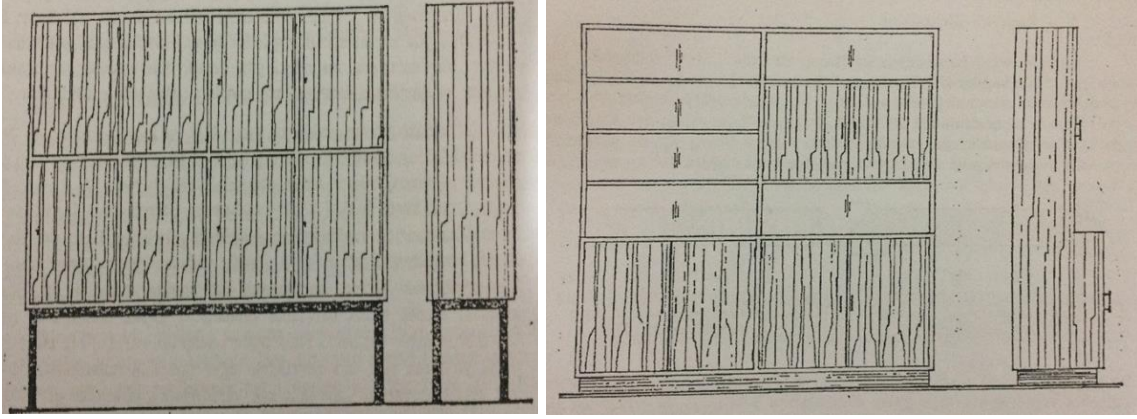
3- Gerek üretici, gerekse tüketici tercihinin belirlenmesinde etkili olan birim maliyetlerinin kapak türlerine göre seçilen örnek projeler üzerinden karşılaştırmalarının yapılması,

4-Gerek uluslararası rekabet gerekse sektörel gelişme açısından kapak konstrüksiyonlarının Ar-Ge ve Ür-Ge çalışmalarında ki öneminin ortaya konulmasına yönelik bilgi ve bulguların elde edilmesi hedeflenmiştir.

### 3 Bulgular ve Tartışma

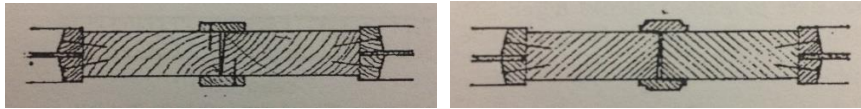
#### 3.1 Mobilya kapak konstrüksiyonları ile ilgili genel bilgiler

Kapaklar, mobilyaların ön, yan veya üst açıklıklarını kapatmaya yarayan ve gerektiğinde açılabilen elemanları olarak tanımlanmaktadır (Dilik, 2019). Genel olarak mobilyaların cinsine göre tek veya çok kapaklı olabilirler. Her bir kapak bir mobilya bölmesini kapatıyorsa bunun tek kapaklı bir mobilyanın durumundan farkı yoktur. Fakat çoğu zaman bir mobilya ünitesini iki kapak kapatır. Bu durumda kapağın biri sağa, diğeri sola açılır ve ortada birbiri ile birleşmektedirler (Şekil 1) (Kurtoğlu ve Dilik, 2019; 2020).

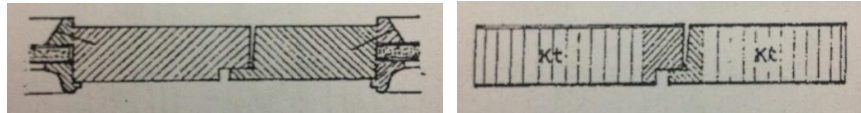


Şekil 1. Bağımsız bölmeli ve çok kapaklı veya çift kapaklı bir mobilya örneği.

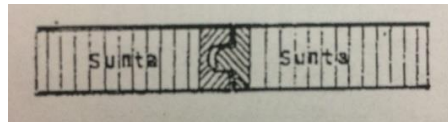
Araştırmada en çok kullanılan ortada birleştirme yöntemlerinin; bindirme çıtalı birleştirme şeklinde olduğu ve bunlarında mobilyanın cinsine, stiline, kapakların büyük veya küçük oluşuna ve kullanıldığı yere göre değiştiği ve farklı şekillerde uygulandığı belirlenmiştir (Şekil 2a). Çerçeve konstrüksiyonlu mobilya kapaklarının genellikle ortadan lambalı birleştirilme şeklinde uygulandığı (Şekil 2b), gömme dolaplar ve elbise dolapları gibi yüksek kapaklarda ise, kınışlı birleştirmenin tercih edildiği görülmektedir (Şekil 2c). Son zamanlarda, çok kapaklı mutfak dolapları ile kitaplık ve vitrin gibi mobilya kapaklarının da ise bağımsız açılan kapakların (Şekil 2d) daha çok tercih edilerek uygulama alanını genişletmeye başladığı ortaya çıkmıştır.



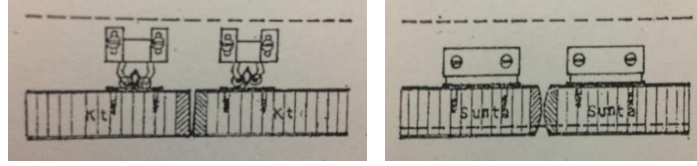
a. Kapaklarda bindirme çıtalı birleştirme örnekleri.



b. Kapaklarda lambalı birleştirme örnekleri.



c. Kapaklarda kınışlı birleştirme örnekleri



d. Ortada düz ve kavisli birleşen bağımsız kapak örnekleri

Şekil 2. Kapaklarda uygulanan ortada birleştirme yöntemleri (Dilik, 2019)

### 3.2 Kapak çeşitleri

Kapakların genellikle açılıp kapanmalarına göre farklı şekillerde tanımlandığı görülmektedir. Ancak, bir kapak hangi teknikle yapılmış ise o yapım tekniğinin ismiyle anılmaktadır. Buna göre, kapakların; döner kapaklar, katlanır kapaklar, sürme kapaklar, düşme kapaklar ve stor kapaklar olarak 5 grup altında sınıflandırılmakta olduğu belirlenmiştir (Dilik, 2019; Kurtoğlu ve Dilik, 2019; Kurtoğlu ve Dilik, 2020).

#### 3.2.1 Döner kapaklar

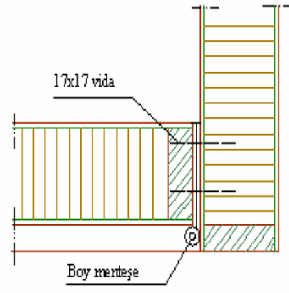
Mobilyalarda en çok uygulanan kapak çeşidi olarak bu kapaklar, menteşe mili etrafında kapak genişliği kadar bir yay çizerek açılmaktadır. Döner kapakların tek kanat veya çift kanat olmak üzere iki şekilde yapılmakta oldukları görülmektedir. Bu kapak çeşidinin; takılacakları mobilyanın yan tablalarının cumbalarına göre; İçerlek, dışarlık, yüzbeyüz ve bindirme kapak olarak 4 farklı şekilde tasarlandıkları bilinmektedir (URL 1, 2011). Bununla birlikte, uygulamada en çok kullanılan kapak çeşidi olduğu ve bunlarında tüketicinin isteğine göre değişen; içerlek, dışarlık, yüzbeyüz ve bindirme kapak şeklinde tasarlanarak, birbirlerine göre farklı özellikler taşımakta oldukları görülmektedir.

##### A- İçerlek kapaklar

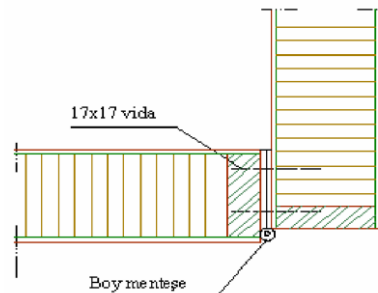
İçerlek kapakların yan, alt ve üst tablaların ön cumbalarından 3-5 mm içerlek olacak şekilde takılan bir konstrüksiyona sahip oldukları görülmektedir (Şekil 3), (URL 1, 2011). Bu tür kapaklardaki çok hafif sarkmalar, kapağın alt tablaya girdiği yüzeyde vernik, boya veya kaplama sıyrılması gibi yüzeyde deformasyon riski nedeniyle hassasiyet gerektiren bir özellik taşımaktadırlar.

##### B- Dışarlık kapaklar

Dışarlık kapaklar, yan, alt ve üst tablaların ön cumbalarından 3-5 mm taşkın olacak şekilde takılan bir konstrüksiyona sahiptirler (Şekil 4), (URL 1, 2011). Bu kapakların zamanla kapağın sarkmasından dolayı alt ve yan tablolarda oluşan tahribatlar, kapak kapalı durumdayken görünmediği için içerlek kapaklara göre daha fazla tercih edilmekte olduğu görülmektedir.



Şekil 3. İçerlek kapak örneği



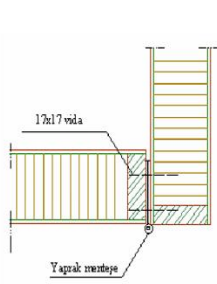
Şekil 4. Dışarlık kapak örneği.

##### C- Yüzbeyüz kapaklar

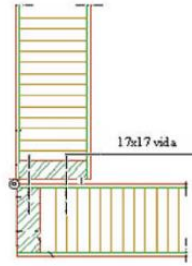
Yüzbeyüz kapaklar; yan, alt ve üst tablaların ön cumbaları ile aynı seviyede takılmış bir konstrüksiyona sahip olan kapaklara denir (Şekil 5), (URL 1, 2011). Bu tür kapakların kaliteli ve hassas yapılması gereken işlerde uygulanmasının fazla tercih edilmediği görülmektedir. Çünkü mobilya ünitesinin kapak takılacak cumbalarında oluşabilecek küçük bir peşlenme (gönye bozukluğu) veya çarpıklık hemen göze çarpmaktadır.

#### D- Üstten bindirme kapaklar

Üstten bindirme kapaklar; mobilyanın yan, alt ve üst tablalarının ön cumbalarını tamamen kapatacak şekilde bir konstrüksiyona sahip olan kapaklara denir (Şekil 6), (URL 1, 2011). Son zamanlarda, en fazla uygulanan kapak çeşitlerinden olduğu görülmektedir. Çünkü bu tür kapaklar da diğer kapak çeşitlerinde belirtilen hatalar ve riskler görülmediği gibi daha kolay ve kısa bir işçilik süresi gerektirmektedir.



Şekil 5. Yüzbeyüz kapak örneği.



Şekil 6. Üstten bindirme kapak örneği.



#### 3.2.2 Katlanır kapaklar

Katlanır kapaklar, en az iki ayrı kapağın menteşe vb. bağlantı mekanizması kullanılarak birbirine eklenmesi sonucu elde edilen kapaklara denir (Şekil 7), (URL 1, 2011). Burada menteşe kullanılmadaki amaç, kapakların sağa veya sola açılırken katlanmasını sağlamaktır. Katlanır kapakların çalışma sistemi, döner açılan kapakların ve sürme kapakların çalışma sistemine benzemektedir.



Şekil 7. Katlanır kapak örneği.

#### 3.2.3 Sürme kapaklar

Sürme kapaklar, bir kınış-kanal içerisinde veya ray üzerinde hareket eden ve mobilya dışına taşmadan açılıp kapanmayı sağlayan bir konstrüksiyona sahip olan kapaklardır (Şekil 8), (URL 1, 2011). Mobilyanın yan tablalarına paralel olarak, itme ve çekmeye dayanan bir çalışma sistemine sahiptirler.



Şekil 8. Sürme kapak örneği.

### 3.2.4 Düşme kapaklar (kalkar kapaklar)

Bu kapakları, yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya doğru dönerek açılan ve açıldığı zaman yatay duruma gelmeyi sağlayan bir konstrüksiyona sahip kapaklar olarak tanımlayabiliriz (Şekil 9), (URL 1, 2011). Bu kapakların daha çok vitrin, büfe, kitaplık vb. gibi sistem mobilyalarda tercih edildikleri ve kullanıldıkları görülmektedir. Diğer kapak çeşitlerine göre, açık durumda iken kullanılabilme gibi farklı özelliklere sahip olmasıdır.



Şekil 9. Düşme kapak örneği.

### 3.2.5 Stor kapaklar

Storlardan yapılmış bir konstrüksiyona sahip kapaklar olarak tanımlanan bu kapaklar, sürme kapaklar gibi açılırken mobilyanın dışına çıkmadan açılan ve kendileri için yapılmış kınışlar içerisinde geriye doğru giderek ya da stor yuvası içinde üst üste sarılarak mobilyanın önünün açılmasını sağlarlar (Şekil 10), (URL 1, 2011). Stor sistemini oluşturan çıtalının, masif, kaplamalı ahşap, metal veya plastik malzemeden yapılabildikleri görülmektedir. Bu kapaklar, diğer kapak çeşitlerinden farklı olarak aşağıdan yukarıya, yukarıdan aşağı ya da sağa sola doğru açılabilirler.



Şekil 10. Stor kapak örneği.

### **3.3 Kapak üretim sistemleri**

Araştırmada, kapak üretim sistemleri, üretimde kullanılan üst yüzey işlemleri ve malzeme türüne göre sınıflandırılarak açıklanmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, kapak üretim sistemleri; akrilik kapaklar, lake kapaklar, metal (alüminyum) kapaklar, membran kapaklar ve cam kapaklar olarak 5 grupta sınıflandırılmış ve açıklanmıştır (Kurtoğlu, 2000; Muğla, 2010; URL 1, 2011; URL 2, 2019; URL 3, 2018; URL 4, 2018; URL 5, 2018; URL 6, 2018; URL 7, 2019).

#### **3.3.1 Akrilik kapaklar**

Yüksek parlaklığa ve çizilmeye karşı yüksek dirence sahip özelliği ile kullanım tercihini giderek arttırdığı görülmektedir. Genellikle modüler mutfak ve banyo kabinlerinin kapaklarında kullanılmakla birlikte, günümüzde sektörün hemen tüm alanlarında kullanılır hale gelmiştir. Membran ve lake gibi gerek mobilyacıların gerekse mimarların çok yoğun olarak kullandıkları trend ürünlerde de yerini almıştır (URL 1, 2011; URL 2, 2019).

Üretim sistemi basit olup, kullanım alanına göre istenilen ölçülerde ebatlama makineleri ile kesilen akrilik panellerden herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın kenar bantlama makineleri ile bantlanarak doğrudan kullanıma uygun hale getirilmiş olurlar. Çok zengin bir renk skalasına sahip olan akrilik kapakların kenarları farklı ya da aynı renkli kenar bantlarıyla kaplanabilmektedir. Ayna yansıması efekti ve %100 pürüzsüz yüzeyi ile membran kapaklardan çok daha iyi sonuçlar alınabilmektedir. Pürüzsüz yüzey yapısı sayesinde son derece hijyenik bir yapıya sahiptir (Şekil 11).



**Şekil 11.** Akrilik kapak örneği.

#### **3.3.2 Lake kapaklar**

Genellikle ham MDF vb. levha üzerine astarlama yapıldıktan sonra poliüretan veya akrilik sistem boyaların uygulanması usulüyle yapılan kapaklara lake kapak denir (Şekil 12). Ahşap esaslı levhaların renkli ve örtücü bir gereçle örtülmesi işlemi olan lake boyama işlemi ile doğal yapısı görünmeyen levhalar hem bozucu etkilerden korunmuş hem de istenilen, bir renge boyanmış olurlar. Lake boya denilen bu teknik, mobilya ve iç mimaride sağladığı ekonomik ve teknik yararlar sayesinde kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Ancak, çok hassas bir çalışmayı ve çok katmanlı bir astarlamayla birlikte ustalık gerektiren bir işlemdir. Arzulanan renklere mobilya üretme olanağı verir. Renk tercihi yönünden sonsuz tercih olanağı sağlanırken, parlak veya mat görüntülü mobilya üretimine de olanak sağlar (Kurtoğlu, 2000; URL 3, 2018).





**Şekil 12.** Lake kapak örneği.

### **3.3.3 Metal çerçeve (alüminyum) kapaklar**

Metal çerçeve kapaklar, alüminyum profillerin belirlenen ölçülerde kesilmesi, birleştirilerek çerçeve sekline getirilmesi ve orta kısmına istenilen renk ve modelde camın takılması ile elde edilen bir kapak modelidir (Şekil 13). Kullanım alanı bakımından özellikle mutfak mobilyasında tercih edilebileceği gibi banyo, TV üniteleri vb. gibi birçok alanda da tercih edilmekte olduğu görülmektedir (URL 4, 2018).



**Şekil 13.** Metal çerçeve kapak örneği.

### **3.3.4 Membran kapaklar**

Membran kapaklar, genellikle tek yüz olarak MDF vb. levha yüzeyine PVC folyonun tek taraflı preslenmesi ile üretilen kapaklar olarak tanımlanmaktadır (Şekil 14). Bu kapaklar, uzun ömürlü olması ve dayanıklılığı ile kullanıcıların tercihlerinde ilk sıralarda yer almaktadır. Çok çeşitli renk ve desen seçenekleri ile mimari ve dekorasyon çözümlerinde aranan bir kapak konstrüksiyonu konumunda olduğu görülmektedir. Üretim tekniği sayesinde komple mono blok olacak şekilde tek parça olarak preslendiği için kapak kenarlarında bantlama işlemi gerektirmemesi, ayrıca renk ve desen bütünlüğünü sağlayan bir özelliğe sahip olması kullanım tercihinde bu kapakları ön plana çıkarmaktadır (URL 6, 2018).



Şekil 14. Membran kapak örneği.

### 3.3.5 Cam kapaklar

Cam işleme teknolojisindeki gelişmeye paralel olarak cam kapakların mobilya endüstrisindeki kullanımı giderek artmaktadır. Mobilya endüstrisinde kullanılan kapak konstrüksiyonlarında döner açılan kapaklar, sürme kapaklar, katlamalı kapaklar, düşme kapaklar vb. gibi kullanılan bütün konstrüksiyon tipleri cam kapaklar olarak da üretilmektedir.

İster mevcut bir mutfak yeniden tasarlansın ister yeni bir mutfak kurulsun, cam mutfak dolaplarıyla dekorasyona estetik ve havadar bir işlev katılabilmektedir. Mutfak dolaplarına cam kapaklar eklemenin pek çok yararı vardır. Bunlardan ilki şeffaflıktır, cam sayesinde kapakları açmadan dolapta ne olduğu görülebilmektedir. Tamamen şeffaf, yarı saydam, desenli, şeritli veya siyah cam gibi pek çok model seçeneği vardır. Üstelik farklı dekorasyon stillerine uygun olarak hemen hemen her tarza uygun bir cam kapak bulunabilmektedir. Kapak konstrüksiyonlarında kullanılan bazı cam kapak modelleri aşağıda gösterilmektedir (Şekil 15) (URL 5, 2018).



a- Şeffaf Cam



b- Buzlu Cam



c- Şeritli Cam



d- Siyah Cam Kapak

Şekil 15. Cam kapak modellerine ait örnekler.

### 3.4 Kapak sistemlerinde maliyet karşılaştırması

Bilindiği gibi birim maliyet karşılaştırılmalarında ürünün özelliğine göre farklı kriterler esas alınmaktadır. Mutfak mobilyası imalatında maliyetlerin hesaplanmasında m<sup>2</sup> veya mtül birimlerinin esas alındığı görülmektedir (URL 7, 2019; Kurtoğlu ve Dilik, 2020). Araştırma kapsamında incelenen işletmenin uyguladığı mutfak projeleri üzerinden 2019 yılı için belirlenen kapak çeşitlerine göre m<sup>2</sup> birim maliyetler Çizelge 1’de gösterildiği gibi tespit edilmiştir.

**Çizelge 1.** Kapak çeşitlerine göre tespit edilen birim maliyetler (2019).

Mutfak kapak çeşidi	Detay	Birim fiyatı (M <sup>2</sup> )
Akrilik Kapak Mutfak (m <sup>2</sup> )	Tezgâh hariç – Montaj dahil.	750 TL
Membran Mutfak (m <sup>2</sup> )	Tezgâh hariç – Montaj dahil.	600 TL
Lake Kapak Mutfak (m <sup>2</sup> )	Tezgâh hariç – Montaj dahil.	750 TL
Metal Kapak Mutfak (m <sup>2</sup> )	Tezgâh hariç – Montaj dahil.	850 TL
Siyah Cam Kapak Mutfak (m <sup>2</sup> )	Tezgâh hariç – Montaj dahil.	700 TL
Laminat Kapak Mutfak (m <sup>2</sup> )	Tezgâh hariç – Montaj dahil.	650 TL
Masif Kapak Mutfak (m <sup>2</sup> )	Tezgâh hariç – Montaj dahil.	950 TL

Buradan birim maliyeti en yüksek olan kapakların masif kapak mutfaklarda, en düşük birim maliyete sahip olanların ise membran ve laminat kapak mutfakların olduğu görülmektedir. Araştırma kapsamında metretül üzerinden belirlenen birim maliyetlerin ise; aşağıdaki gibi tespit edilmiş olup, bunlarında m<sup>2</sup> birim maliyetlerine paralellik gösterdiği ortaya çıkmıştır.

- Akrilik Mutfak Dolabı - Gövde MDF- Çizilmez Akrilik – Metretül Fiyatı 900 TL
- Membran Mutfak Dolabı - Gövde MDF- Metretül Fiyatı 800 TL
- Lake Mutfak Dolabı - Gövde Lake MDF- Metretül Fiyatı 1.500 TL
- Siyah Cam Kapak Mutfak Dolabı - Gövde MDF- Metretül Fiyatı 800 TL
- Masif Mobilya Mutfak Dolabı - Gövde MDF- Metretül Fiyatı 1.650 TL
- Alüminyum Çerçeve Kapaklı Mutfak Dolabı- Gövde MDF- Metretül Fiyatı 850 TL
- Laminat Mutfak Dolabı - Gövde MDF- Metretül Fiyatı 600 TL

### 4 Sonuçlar ve Öneriler

Araştırma kapsamında mobilya endüstrisindeki kapak konstrüksiyonlarının gelişim ile ilgili inceleme ve tespitler çerçevesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Kapak konstrüksiyonlarının çeşidinin kapağın hareket biçiminin belirlediği ortaya çıkmaktadır. Kapakların mobilyanın hareket yönlerinin ve biçimlerinin belirlenmesini de sağladığı, bu amaçla, günümüzde daha çok bindirme çitallı ve lambalı kapaklardan ziyade, bağımsız açılan kapakların uygulandığı görülmektedir.
- Bağımsız açılan kapakların, özellikle çok kapaklı mutfak dolapları ile kitaplık ve vitrin kapaklarında kullanılmakta olduğu ve bu tür kapaklara kilit takılmayıp yaylı, plastik makaralı veya mıknatıslı çitçitlerle kapalı durmalarının sağlanmakta olduğu belirlenmiştir.
- Kapak çeşidinin her ne kadar müşterinin isteğine ve teknolojik şartlara bağlı olarak değiştiği görülse de kapak konstrüksiyonlarında kullanım alanının önemli faktör olarak

karşımıza çıktığı görülmektedir. Örneğin, dar alanlar için katlanır veya sürme kapak kullanım zorunluluğu gibi.

- Gerek üretici gerekse tüketici tercihinde etkili faktörlerin başında gelen mobilya üretim maliyetlerinde kapak konstrüksiyonlarının önemli bir payının olduğu ortaya çıkmıştır. Trendlerin etkisi gözetilerek mutfak mobilyasında en çok tercih edilen kapak çeşitlerinin birim maliyet sıralamasının en fazladan en aza doğru; lake kapaklar, akrilik kapaklar, membran kapaklar, metal çerçeve kapaklar, cam kapaklar ve laminat kapaklar şeklinde olduğu ortaya çıkmıştır.
- Böylece, son yıllardaki mobilya tasarımlarında, işletmelerin sadece kapak konstrüksiyonlarındaki değişiklikler ile mobilya pazarında yer almaya çalıştıkları gerçeğinden hareketle, gelişim süreci içerisindeki mobilya sektörümüzde kapak konstrüksiyonlarının ön planda tutulmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda, mobilya sektörünün gerek uluslararası rekabet gerekse model geliştirilmesindeki etkinliği açısından işletmelerin, kapak konstrüksiyonlarına yönelik Ar-Ge ve Ür-Ge çalışmalarına öncelik ve önem vermelerinin gerekli olduğu önerisi ileri sürülmüştür.

### Teşekkür

Bu çalışma, 02-05 Kasım 2020 tarihinde düzenlenmiş olan “VI. International Furniture Congress-IFC 2020 KTÜ, Trabzon/Turkey” kongresinde sözlü olarak sunulmuştur. Kullanıcı tercihleri ve uygulama maliyetlerinin belirlenmesindeki katkılarından dolayı “Dağlı Mobilya ve Dekorasyon İşletmesine” teşekkürlerimizi sunarız.

### Kaynaklar

- Dilik, T., (2019), İç mekân dekorasyon teknikleri ders notu, İ.Ü.-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bahçeköy/İstanbul.
- Dilik, T., Uçar, E., (2017), A research on the preferences of material and size in the Turkish kitchen furniture industry. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 67(2), 116-122. DOI: 10.17099/jffiu.292737.
- Kurtoğlu, A., Dilik, T., (2019), Mobilya ve doğrama konstrüksiyonları ders notu (Basılmamıştır), İ.Ü.-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bahçeköy/İstanbul.
- Kurtoğlu, A., Dilik, T., (2020), Mobilya endüstrisi ders notu (Basılmamıştır), İ.Ü.-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bahçeköy/İstanbul.
- Kurtoğlu, A., (2000), Ağaç malzeme yüzey işlemleri 1. Cilt: Genel Bilgiler, İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Üniversite Yayın No:4262, Fakülte Yayın No: 463, ISBN 975-404-590-9 (1.Cilt), İstanbul, 2000.
- Muğla, K., (2010), Farklı yüzey kaplama malzemelerinin MDF levhaların yüzey özellikleri üzerine etkileri, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- URL 1, (2011), Mobilya ve iç mekân tasarımı-kapak hazırlama, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara, [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kapak](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kapak) (Son Erişim Tarihi: 05/10/2019).
- URL 2, (2019), Mutfak dolapları alırken tüketicilerin dikkat etmesi gereken hususlar ayrıntılar, <https://www.manset61.com/ekonomi/mutfak-dolaplari-alirken-tuketicilerin-dikkat-etmesi-gereken-hususlar-h1213.html>, (Son Erişim Tarihi: 16/12/2019).
- URL 3, (2018), Zeren lake boya sistemleri, <http://www.lakeboya.com/uygulama/lake-boya-nasil-yapilir/> (Son Erişim Tarihi: 26/11/2018).

- URL 4, (2018), Gilan Metal, Alüminyum Kapak Kulp Ve Bağlantı Modelleri <http://gilanmetal.com/portfolio-items/prf-03-ve-prf-05-aluminyum-cerceve-kapak-icin-k02-model-kulp/?portfolioID=356> (Son Erişim Tarihi: 07/12/2018).
- URL 5, (2018), Homify, cam kapaklar ile ilgili genel bilgiler, [https://www.homify.com.tr/yeni\\_fikirler/6076975/13-fotografla-cam-kapakli-mutfak-dolaplari-ve-uyumlu-oldugu-stiller](https://www.homify.com.tr/yeni_fikirler/6076975/13-fotografla-cam-kapakli-mutfak-dolaplari-ve-uyumlu-oldugu-stiller) (Son Erişim Tarihi: 30/12/2018).
- URL 6, (2018), Doorka, membran kapak kullanım alanları ve tanımı, <http://doorka.com.tr/membran-kapak-nedir.html> (Son Erişim Tarihi: 16/12/2019).
- URL 7, (2019), Mutfak dolapları modelleri ve fiyatları, <https://www.fezamutfak.com/2019-mutfak-dolaplari-modelleri-ve-fiyatlari> (Son Erişim Tarihi: 16/12/2019).



### Ağaç malzemenin sıkıştırılarak yoğunlaştırılması konusunda yapılan çalışmalar

Mustafa Tosun<sup>1</sup>, Sait Dündar Sofuoğlu<sup>2\*</sup>

#### Öz

Ağaç malzeme endüstrisi dünya ekonomisinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Ağaç ve ağaç kökenli malzemeler birçok olumlu özelliği nedeniyle uzun süredir birçok uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal görüntüsü sebebiyle tercih edilmektedir. Bununla birlikte ağaç malzemenin bazı olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Ağaç malzeme genellikle yüksek fiziksel ve mekanik özellikler gerektiren kullanım alanlarında çok yumuşak ve zayıf olabilmektedir. Yoğunluğu artırılmış ağaç malzeme diğer yapısal malzemelere alternatif olarak kullanılabilir. Son yıllarda çevresel duyarlılığın artması sonucu ağaç malzemeyi biyolojik bozunmaya karşı koruyan ve boyutsal stabilitesini arttıran çevreye zararsız yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar; Termo-Mekanik (TM), Termo-Hidro-Mekanik (THM), Termo-Vibro-Mekanik (TVM) yoğunlaştırma ve Viskoelastik-Termal-Sıkıştırma (VTC) şeklinde sıralanabilmektedir. Bu çalışmada 2004-2021 yılları arasında yapılan ağaç malzemenin sıkıştırılarak yoğunlaştırılması ile ilgili çalışmalar incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Literatürde geçen çalışmalar öz olarak tablo halinde verilmiştir. Sıkıştırılarak yoğunlaştırmada yoğunluk artışına bağlı olarak fiziksel ve mekanik özellikler iyileşmekte, yüzey pürüzlülüğü ve ıslanabilirlik azalmakta, sertlik artmakta, olumsuz bir durum olarak geri esneme meydana gelebilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Ağaç malzeme, yoğunlaştırma, sıkıştırma

### Studies of densification of wood material by compression

#### Abstract

Wood products industry plays a very important role in the world economy. Wood and wood based materials have long been commonly used for many applications because of their many excellent features. Wood material, having a natural surface image is preferred. However, wood also suffers a number of disadvantages. Wood material can be very soft and weak in use that generally requires high physical and mechanical properties. Densified wood material can be used as an alternative to other structural materials. Due to the increase in environmental sensitivity, new environmentally friendly alternative methods have been developed that protect the wood material against biological degradation and increase its dimensional stability. These; Thermo-Mechanical (TM), Thermo-Hygro-Mechanical (THM), Thermo-Vibro-Mechanical (TVM) densification and Viscoelastic-Thermal-Compression (VTC). Studies on densifying by compressing wood material between 2004-2021 were examined and evaluated in this study. Studies in the literature are given in a table. Physical and mechanical properties improve, surface roughness and wettability decrease, hardness increases, and springback may occur as a negative situation depending on an increase in density by compression.

**Keywords:** Wood, densification, compression

## **1 Giriş**

Ağaç malzeme geçmişten günümüze barınma, ulaşım ve sosyal ihtiyaçların karşılanması amacıyla yaygın olarak tercih edilmiştir. Doğadan doğrudan temin edilebilen ve biyolojik olarak devamlılığı olan doğal ve organik bir malzemedir (Aydemir ve Gündüz, 2009). Organik olduğundan dolayı bazı dış faktörler tarafından kolayca zarar görebilmektedir. Dış ortam koşullarında koruyucu işleme tabi tutulmadan kullanılması durumunda fiziksel ve mekanik özelliklerinde olumsuz durumlar meydana gelebilmektedir (Pelit ve Korkmaz, 2019). Ağaç malzemenin bazı olumsuz özelliklerinin giderilmesi için yapılan tüm araştırmalar neticesinde farklı "Ahşap Modifikasyon Yöntemleri" geliştirilmiştir. Ahşap modifikasyonu ahşap malzemenin olumsuz özelliklerini değiştirmek veya iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Şenol, 2018; Şenol ve Budakçı, 2016).

Yüksek dayanıklılık, direnç ve sertlik istendiği yapılarıdaki kullanım yerlerinde ağaç malzeme yetersiz gelebilmektedir. Buna karşın yoğunluğu arttırılmış ağaç malzemeler ise yapılarda kullanılan diğer malzemelere alternatif olmaktadır (Blomberg ve Persson, 2004; Homan ve ark., 2000; Kutnar ve Šernek, 2007; Laine ve ark., 2013; Laine, 2014; Pelit ve ark., 2014). Ağaç malzemenin mekanik özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden birisi yoğunluğudur (Blomberg ve Persson, 2004; Kamke, 2006; Kutnar ve Šernek, 2007; Pelit et ark., 2014; L. Rautkari, 2012). Ağaç malzemenin yoğunlaştırılması, mekanik özelliklerini ve sertliğini arttırdığından yoğunlaştırma işlemini geliştirmek için birçok denemeler ve araştırmalar yapılmıştır (J. Blomberg ve Persson, 2004). Ağaç malzemenin yoğunluğu mekanik özellikleri ile pozitif yönde ilişkilidir (Laine, 2014). Yoğunluğu düşük ağaç malzemeler yoğunlaştırma işlemiyle yoğunluğu arttırılmakta ve ticari olarak değeri yükselmektedir. Yoğunluğu yüksek ağaç malzeme türleri ise yoğunlaştırılarak daha dirençli hale getirilebilmektedirler (Blomberg ve ark., 2005; Kutnar ve Šernek, 2007; Pelit ve ark., 2014). Kimyasallar kullanılmadan ağaç malzemenin yoğunlaştırılması işlemi bilinmekle birlikte plastikleşme ve boyutsal kararlılığının yetersiz olmasından dolayı endüstri tarafından uygulanmamıştır (Şenol, 2018).

Son yıllarda çevresel bakış açısının artmasıyla insana ve çevreye zararlı koruyucu malzemelerin kullanımında kısıtlamalar olmuş, ağaç malzemeyi biyolojik bozunmaya karşı koruyan ve boyutsal stabilitesini arttıran çevreye dost yöntemlerin geliştirilmesinin önü açılmıştır (Korkut ve Kocaefe, 2009; Şenol ve Budakçı, 2016). Bu yöntemler; açık bir sistemde sıcaklık ve basınç kullanılarak yoğunlaştırma (Termo-Mekanik (TM)), kapalı bir sistemde sıcaklık, basınç ve buhar kullanılarak yoğunlaştırma (Termo- Hıgro-Mekanik (THM)), buhar ile ön yumuşatma sonrası sıcaklık ve basınç ile yapılan yoğunlaştırma (Viskoelastik-Termal-Sıkıştırma (VTC)) ve sıcaklık, basınç ve titreşim kullanılarak yapılan yoğunlaştırma (Termo-Vibro-Mekanik (TVM)) gösterilebilir (Şenol ve Budakçı, 2016; Şenol, 2018).

Ağaç malzemenin yoğunlaştırılmasında; ağaç türü, pres sıcaklığı ve basıncı, yumuşatma ya da plastikleştirme periyodu en önemli değişkenlerdir (Ulker ve ark., 2012). Normal atmosferik ortamda sıkıştırılmış ağaç malzemenin hücre çeperinde malzemenin doğal elastik yapısına bağlı olarak deformasyon ve çatlaklar oluşmaktadır. Sıkıştırma özellikleri ağaç malzemenin yoğunluğuna, rutubetine, hücre çeperi hacmi ve sıkıştırma yönüne bağlıdır. Sıkıştırılarak yoğunlaştırılan ağaç malzemelerde en önemli olumsuz durum, rutubete veya suya temas ettiğinde geri esneme (spring back) özelliğinden dolayı başlangıç ölçülerine geri dönme eğilimi göstermesidir. Bu olumsuz durum sıcaklık ve buhar etkisi kullanılarak azaltılabilmekte ya da engellenebilmektedir. Son zamanlarda yoğunlaştırılmış ağaç

malzemenin olumsuz taraflarını gidermek için ısı işlem/termal modifikasyon uygulamaları yapılmaya başlanmıştır. Ancak bu uygulamalarda kullanılan 150°C'nin üzerindeki sıcaklık değerleri, ağaç malzemenin rengini, ağırlığını değiştirmekte ve mekanik özelliklerini azaltmaktadır. Bu durum ise ağaç malzemenin taşıyıcı sistemler olarak kullanılmasını zorlaştırabilmektedir (Şenol, 2018).

## **2 Ağaç Malzemenin Yoğunlaştırılması Konusunda Yapılan Çalışmalar**

Ağaç malzemenin yoğunlaştırılma işlemi 1900'lü yılların başında araştırılmaya başlanmış, sıkıştırılmış ahşap ürünler için ilk patent 1900 yılında Sears tarafından, daha sonrasında 1923 yılında Walch ve Watts, 1929 yılında Oleheimer, 1931 yılında Brossmannes, 1934 yılında Esselen, 1934 yılında Olson tarafından alınmıştır (Şenol, 2018; Şenol ve Budakçı, 2016). Sıkıştırılmış masif ahşap 1930'lu yılların başlarında ticari ismi "Lignostone" olarak Almanya'da piyasaya çıkmıştır. Ahşap kaplamaların sıkıştırılması ile elde edilen ve ticari ismi "Lignofol" olan ürün üretilmiştir. Aynı zamanda İngiltere'de benzer tekniklerle ürünler (plywood) üretilmiştir. Ahşap malzemenin yoğunlaştırılması ile ilgili diğer önemli iki yöntem ise, ABD'de Orman Ürünleri Laboratuvarında geliştirilen "Kompreg" ve "Staypak" ticari isimlerindeki ürünlerdir (Atik ve ark., 2013; Şenol ve Budakçı, 2016; Şenol, 2018).

Bazı fiziksel ve kimyasal işlemler ile ağaç malzemenin direnci, sertliği, su iticilik ve boyutsal stabilizasyonu artırılabilir. Bu işlemler; sertleşme sonrası çözünmeyen su bazlı polimerler veya sentetik reçinelerle muamele, hücre çeperi polimerlerinin organik kimyasallar veya çapraz bağlama maddeleri ile bağlanması, ahşap hücre lümenlerinde sıvı monomerlerin polimerizasyonu, ağaç malzemenin sıkıştırılarak veya reçine emdirilerek yoğunlaştırılması ve ısı ile muameledir (Rowell ve Konkol, 1987). Literatür incelendiğinde ağaç malzemenin sıkıştırılarak yoğunlaştırılması işlemi ile ilgili birçok bilimsel çalışma yapıldığı görülmektedir.

Ağaç numuneleri %60 oranında pres ile sıkıştırılmıştır ve görüntü analizi ile plastik gerilmeler incelenmiştir (Blomberg ve Persson, 2004). Ahşap bazlı kompozit malzeme üzerinde yapılan araştırmada malzemeye viskoelastik termal sıkıştırma (VTC) işlemi uygulanmıştır. VTC işlemi, hücre duvarında kırılmalara neden olmadan ahşabın yoğunluğunu arttırdığından mukavemet ve sertliğini arttırmıştır. VTC kompozitin mukavemeti benzer ahşap bazlı kompozitlerden daha yüksektir (Kamke, 2006). Sıkıştırma oranı yüzey sertliğini etkileyen en önemli faktördür. Pres sıcaklığının etkisi önemli olmamıştır. Yoğunlaştırma sonrası numunelerde parlak ve pürüzsüz yüzeyler elde edilmiştir (Lamason ve Gong, 2007). Plastik ve otomotiv endüstrisinde kullanılan titreşim desteği sonucu malzemenin yüzeyinin ısınarak yoğunlaşması esasına dayanan bir metod ahşap için uygulanmıştır. Brinell sertlik yoğunluk oranı ile pozitif korelasyon göstermiştir (Rautkari ve ark., 2009). TH, mekanik ve THM yoğunlaştırma olmak üzere üç farklı işlem uygulanmıştır. Diğer uygulamalara göre THM yoğunlaştırma uygulamasında geri esneme eğilimi görülmemiştir. TH sonrası işlemle birlikte yoğunlaştırma mekanik performansını iyileştirerek ahşabı daha sert ancak daha az elastik hale getirmiştir (Skyba ve ark., 2009). Yüzey yoğunlaştırılmış ahşabın kimyası ve ıslanma davranışı FT-IR spektroskopisi ve temas açısı analizleri kullanılarak incelenmiştir. Önemli bir kimyasal değişiklik olmadığı görülmüştür. Yoğunlaştırılmış yüzeylerin ıslanabilirliği işlem uygulanmamış numunelere göre daha düşük elde edilmiştir (Rautkari ve ark., 2010). TM yoğunlaştırma işleminin uygulandığı çalışmada yüksek sıcaklıklarda ve daha uzun sürelerde yüzey parlaklığında artma meydana gelmiştir. Daha yüksek yoğunlaştırma oranında daha yüksek geri esneme olmuştur. Yüzey sertliğinde artış meydana gelmiştir (Ábrahám ve ark., 2010). Isıl işlem yüzeyi yoğunlaştırılmış numunelerin boyutsal stabilitesini



önemli derecede iyileştirmekle birlikte mekanik özelliklerini az derecede düşürmüştür. Yoğunlaştırıldıktan sonra ısıl işlem görmüş örneklerin mekanik özellikleri, ısıl işlem görmemiş yoğunlaştırılmamış olanlardan daha yüksektir (Gong ve ark., 2010). TM yoğunlaştırma işleminde artan sıcaklıkla birlikte kaplama renginde koyulaşma meydana gelmiş, yüzey pürüzlülüğü 160 ve 200 °C’de arasında azalmıştır (Diouf ve ark., 2011). Düşük sıcaklıklarda yoğunlaştırılan kaplamalarda çok yüksek geri esneme meydana gelmiştir. Yoğunlaştırma sıcaklığı 180°C’den yüksek uygulandığında kaplamalarda geri esneme önemli ölçüde azalmış, 220°C’de neredeyse geri esneme meydana gelmemiştir (Fang ve ark., 2012). Kombine hidro mekanik işlem uygulanmış mantara maruz kalmış numunelerde hidrotermal işlem aşaması yoğunlaştırmaya kıyasla mantar maruzatını önemli ölçüde azaltmıştır (Khademi ve Mohebbi, 2011). Yoğunlaştırma mukavemet özelliklerini arttırmıştır ancak sıcaklıktaki artış mukavemet özelliklerini düşürmüştür (Ulker ve ark., 2012). TM yoğunlaştırma işlemi uygulandıktan sonra renk, ortalama yoğunluk, yoğunluk profili, rutubete bağlı özellikler, kopma modülü ve yüzey sertliği analiz edilmiştir (József ve Németh, 2012). TM yoğunlaştırma sonuçlarına göre denge rutubet miktarı 180°C’de işleme tabi tutulan numunelerde daha düşüktür. Yüzey pürüzlülüğü ve ıslanabilirliği önemli ölçüde azalmıştır (Arruda ve Del Menezzi, 2013). THM yoğunlaştırmada ön testler huş numunelerinde %75’inin, kavak numunelerinin %25’inde kusurlar meydana geldiği görülmüştür. Bu kusurlar THM işlemi sırasında ön işlem süresi artırılarak en aza indirilebilecektir (Ahmed ve ark., 2013). TM olarak modifiye edilmiş kavak ağacının daralma ve stabilitesi başlıklı çalışmada kavak buharlama ve radyo frekansı (RF) ile ısıtılarak işleme tabi tutulmuştur (Gaff ve Gaşparík, 2013). Ağaç numunelerinde yoğunlaştırma sonrasında ısı ile muamele edildiğinde değişen nem miktarında temel davranışları analiz edilmiştir (Kristiina Laine ve ark., 2013). Sıkıştırma oranı ve kapanma süresi, yoğunluk profilinin oluşumunda olduğu kadar sertlik ve elastik geri kazanım üzerinde de en güçlü etkiye sahip olmuştur. Brinell sertliği ve elastik geri kazanım özelliğinin birbiriyle iyi korelasyon göstermiştir (Laine ve ark., 2013). Numuneler yüzey yoğunlaştırma işlemi yapılmış ve ardından hidrotermal işleminden geçirilmiştir (Rautkari ve ark., 2013). Artan sıcaklık ve yoğunlaşma basıncı ile genellikle pürüzlülük değerleri azalma göstermiştir (Bekhta ve ark., 2014). Yoğunlaştırma işlemlerinden sonra örneklerin yoğunluklarında %11’den %38’e kadar, mekanik ve teknolojik direnç özelliklerinde ise %4’den %81’e kadar artışlar sağlanmıştır. Isıl işlem uygulamasından sonra yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği artarken yüzey parlaklığı azalmıştır (Pelit, 2014). Aynı hedef yoğunlaştırma oranlarında 110°C’de yoğunlaştırılan örneklerde 150°C de yoğunlaştırılanlara göre daha yüksek yoğunlaştırma oranı ve yoğunluk artışı görülmüştür. Isıl işlem sıcaklığındaki artış yoğunlaştırılmış sarıçamda boyutsal stabiliteyi önemli derecede etkilemiştir (Pelit ve ark., 2014). Yoğunlaştırma sonrası radyal ve teğet sertlik değerlerinde artış meydana gelmiştir. Isıl işlem sonrası ise numunelerin yoğunluklarında azalma, sertlik değerlerinde düşmeler meydana gelmiştir (Pelit ve ark., 2015). TM yoğunlaştırma ve ısıl işlem uygulandıktan sonra yüzeylerine su bazlı vernik uygulandığında yoğunlaştırılmış numunelerde yüzey pürüzlülüğü azalmış ve parlaklığı artmıştır. Isıl işlem sıcaklığındaki artış yüzey pürüzlülüğünün artmasına ve parlaklığının azalmasına yol açmıştır (Pelit ve ark., 2015). TM yoğunlaştırma ve ısıl işlem uygulandığında 110°C’de yoğunlaştırılan örneklerin geri esneme oranı düşük ve yoğunluk artışı daha yüksek elde edilmiştir. Sıkıştırma ile yoğunlukta artış, ısıl işlem sonrası azalma olmuştur. Sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş etkisi %83 oranında azalmış ayrıca geri esneme etkisinde %44, sıkıştırma yönündeki şişmede %74 iyileşme sağlanmıştır (Pelit ve Sönmez, 2015). Ahşap kaplamalarda kısa süreli TM yoğunlaştırma işleminde ıslanabilirliğinin değiştiği gözlemlenmiştir. 24 saat sonrasında ıslanabilirlik özelliklerinde değişme olmadığı görülmüştür. Sıcaklığın temas açısı üzerindeki

etkisi belirgindir. Temas açısı ile kütle kaybı arasında doğrusal bir ilişki görülmüştür (Bekhta ve Krystofiak, 2016). Yoğunlaştırma ve ısıtma işlemi uygulanan ağaç malzeme sertlik değerleri yoğunlaştırma oranı ve işlem sıcaklığına bağlı olarak artmıştır. İşlem sıcaklığı arttıkça sertlik negatif yönde etkilenmiştir. SEM analizine göre numunelerin hücre yapısı bozulmuştur (Budakç ve ark., 2016). Yoğunlaştırma yöntemleri incelenmiş, mekanik ahşap modifikasyon yöntemleri, yüzey sertliği, parlaklık, renk, aşınma direnci, rutubet vb. faktörlere etkisi konularında literatür incelenmiştir (Şenol ve Budakç, 2016). Yoğunlaştırma ve ısıtma işlemi tabii tutulan numunelerde yoğunluk, sertlik, eğilme direnci değişimleri belirlenmiştir. Ayrıca toprak altı termitlerine karşı dayanıklılığına etkisi belirlenmiştir. Yoğunlaştırmadan önce ve sonra ısıtma işlemi uygulanması geri esnemeyi azaltmıştır (Esteves ve ark., 2017). Ağaç malzemenin THM yoğunlaştırma işlemi buharın mekanik özellikleri ve boyutsal kararlılığı üzerindeki etkisinin ısının etkisinden daha önemli olduğu görülmüştür. Buharla birlikte yüksek sıcaklık, geri esnemenin azalmasını sağlamıştır (Fu ve ark., 2017). Modifiye edilmiş ağaç malzeme ile üç grup ahşap modifikasyon işlemi incelenmiştir. Bunlar 1. Kimyasal (asetilasyon, furfurilasyon, reçine empenye vb.); 2. Termo-Hidro işleme (ısıtma işlemi); ve 3. Termo-Hidro-Mekanik işleme şeklindedir (Sandberg ve ark., 2017). Yüzey yoğunlaştırma işlemi sertliği ve eğilme mukavemetini arttırmıştır. En yüksek ani geri esneme, en yüksek sıcaklık olan 230°C ısıtma işlemi görmüş numunelerde meydana gelmiştir. Yüzey yoğunlaştırılmış ahşabın elastiklik modülü (MOE) ve kopma modülü (MOR) artan ısıtma işlem sıcaklığı ile azalmıştır (Kariz ve ark., 2017). TVM yöntemi yoğunlaştırma işlemi yoğunluk ve aşınma direncini arttırmıştır (Şenol ve ark., 2017). Pres plakasının sıcaklığının artmasıyla ahşabın maksimum yoğunluğu kademeli olarak artmıştır. TM işlemin süresi ne kadar uzunsa, maksimum yoğunluk alanı ahşap yüzeyden o kadar uzakta elde edilmiştir (Laskowska, 2017). THM yoğunlaştırma işlemi ahşabın kimyasal bileşimini ve fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirmektedir. Daha düşük başlangıç lignin içeriğine sahip (lignin başlangıçta uzaklaştırılmış) yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerde sertlik daha yüksek elde edilmiştir (Cruz ve ark., 2018). Yoğunlaştırma için tek işlem yerine kombine Hidro-Termo mekanik teknik uygulandığında ağaç malzemenin yoğunluğu önemli derecede artmış, boyutsal stabilite iyileşmiştir. Mekanik özellikler iyileşmiş, geri esneme azaltılabilmiştir (Hajihassani ve ark., 2018). TM yoğunlaştırma ve ısıtma işlemi sonrası en yüksek yoğunluk artışı 100°C'de elde edilmiştir. Mekanik özelliklerde sıkıştırma oranı ve yoğunluğa bağlı olarak artış meydana gelmiştir. Isıtma işlemi sonrası sıcaklık artışına bağlı olarak mekanik direnç özellikleri azalmıştır (Pelit ve ark., 2018). Yoğunlaştırmada 150°C'de ısıtma işlemi uygulandığında yoğunluk ve mekanik özelliklerde optimum sonuçlar elde edilmiştir (Pertuzzatti ve ark., 2018). Çalışmada yoğunlaştırma ve sonuçları detaylı bir şekilde incelenmiştir (Song ve ark., 2018). TVM yoğunlaştırma presinin tasarlanıp-üretildiği çalışmada TVM işleminin diğer ahşap modifikasyon yöntemlerine alternatif, yeni ve çevreci bir yöntem olacağı tespit edilmiş bu yöntemle ahşap malzemenin fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri iyileştirilmiştir (Şenol, 2018). Yoğunlaştırma ve TM işlemleri art arda uygulanmıştır. Dayanıklılığın arttığı, mekanik özelliklerde önemli bir değişiklik meydana gelmediği ve malzemenin boyutsal olarak kararlı olduğunu görülmüştür (Wehsener ve ark., 2018). Ahşabın neme bağlı Termo-Mekanik yapı modellenmesi üzerine yapılan çalışmada Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yoğunlaştırma işlemi modellenmiştir (Fleischhauer ve ark., 2019). Yüzey yoğunlaştırma ardından ısıtma işlemi uygulandığında işlem sonrası sıkıştırılmış kalınlığın artmasıyla ahşabın geri esnemesinin azaldığını görülmüştür (Gao ve ark., 2019). Isı, yük ve buhar uygulamasını kontrol eden maliyeti düşük THM yoğunlaştırma işlemi yapılmıştır (Tenorio ve Moya, 2019). TVM yöntemi ile yoğunlaştırılan düşük yoğunluklu ahşap malzemelerde ahşap boyası ve ahşap koruyucu ile ön işlem sonrası parlaklık değeri ve Brinell sertlik değeri artmıştır (Şenol ve

Budakçı, 2019). TM yoğunlaştırma işleminde Brinell sertliği yoğunlaştırma öncesine göre iki kat yükselmiştir (Laskowska, 2020a). Yoğunlaştırılmamış ve yoğunlaştırılmış kayın ve meşe ağacının rengindeki en büyük değişiklikler 20 saatlik ışık ışıması sonrasında meydana gelmiştir. TM işlemin sıcaklığı ne kadar yüksekse ultraviyole radyasyonun etkisi altında toplam renk değişiklikleri o kadar düşük elde edilmiştir (Laskowska, 2020b). Melamin formaldehit emprenye ve sıcak presleme parametrelerinin yoğunlaştırılmış kavak ağacının yoğunluk profili üzerindeki etkisi incelenmiştir (Lykidis ve ark., 2020). Öncesinde delignifikasyon uygulanarak yoğunlaştırılmış ağaç numunelerde kimyasal değişim belirlenmiştir. Huş ağacında lignin %20, selüloz %9.7 ve hemiselüloz %64.9 azalmıştır. Kavakta lignin %34.1, selüloz %13.5, hemiselüloz içeriği %58.0 azalmıştır (Mania ve ark., 2020). TM yoğunlaştırma, laminasyon ve bükme işlemleri birlikte kullanılarak, kavak kaplamalardan yoğunlaştırılmış ve bükülmüş-yoğunlaştırılmış tabakalı kaplama kereste üretilebilirliği incelenmiştir (Özdemir, 2020). Ön ısıtma ile TM yoğunlaştırma ile ahşabın geri esnemesini stabilize etmek ve azaltmak amaçlanmıştır. Numunelerde kararmalar meydana gelmiş, parlaklık azalmış, sarılık ve kızarıklık artmıştır (Tenorio ve ark., 2021). Çizelge 1’de masif ağaç malzemenin yoğunlaştırılması işlemleri konusunda incelenen literatür özet olarak sunulmuştur.

**Çizelge 1.** Ağaç malzemenin yoğunlaştırılması konusunda son yıllarda yapılan çalışmalar

Çalışma	Yayın yılı	Ağaç türü	Sıcaklık (°C)	Oran (%)	Metot İncelenen özellik
Jonas Blomberg ve Persson	2004	<i>Pinus sylvestris</i> L.			Görüntü analizi Plastik gerilmeler
Kamke	2006	<i>Pinus radiata</i>	175 200		<b>VTC</b> , Yoğunluk, Elastikiyet modülü,
Lamason ve Gong	2007	<i>Populus tremuloides</i> M.	145	24	<b>TM</b> , Yüzey sertliği, MOE, Çivi tutma direnci
Lauri Rautkari vd.	2009	<i>Picea abies</i>	156- 201		Yoğunluk, sertlik, elastiklik, geri esneme
Skyba vd.	2009	<i>Picea abies</i> <i>Fagus sylvatica</i>	140 160 180		<b>THM</b> , yoğunluk, Brinell sertlik, geri esneme, fiziksel ve mekanik öz.
Lauri Rautkari vd.	2010	<i>Picea abies</i> L. <i>Fagus sylvatica</i> L.			Kimya, optik mikroskop analizi, ıslanabilirlik
J Ábrahám vd.	2010	<i>Populus x euramericana</i> cv. 'Pannonia'	160 180 200	20 30 40	<b>TM</b> , Renk, yoğunluk, yoğunluk profili, sertlik
Gong vd.	2010	<i>Populus tremuloides</i>	145	24	<b>TM+ısıtma işlemi</b> , yoğunluk, Stabilite, mekanik özellikler,
Diouf vd.	2011	<i>Populus tremuloides</i> <i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. **Itxbalsamifera</i>	180 200 220	50	<b>THM</b> , renk, pürüzlülük, ıslanabilirlik, kimyasal bileşim,
Khademi Bami ve Mohebbi	2011	<i>Populus deltoides</i> Clone 79/51	160 180	60	<b>CHTM</b> , kütle kaybı
József Ábrahám ve Náneth	2012	<i>Polus x euramericana</i> cv. 'Pannonia'	160 180 200	20 30 40	<b>TM</b> , renk, yoğunluk, yoğunluk profili, elastikiyet modülü, yüzey sertliği
Ulker vd.	2012	<i>Pinus sylvestris</i> L.	120 140 160	50	<b>TM</b> , yoğunluk, mekanik testler, Brinell sertlik
Fang vd.	2012	<i>Populus tremuloides</i> <i>Populus maximowiczii</i> × <i>Populus balsamifera</i>	140 220		<b>Isı, buhar ve basınç</b> Yoğunluk, renk, pürüzlülük, higroskopisite, Brinell sertlik, Mekanik öz., geri esneme
Ahmed vd.	2013	<i>Populus tremula</i> <i>Betula pubescens</i>	200	50	<b>THM</b> , anatomik özellikler
Gaff ve Gašparík,	2013	<i>Populus tremula</i> L.		10-50	<b>TM</b> , Daralma, Stabilite
Kristiina Laine vd.	2013	<i>Pinus sylvestris</i>	150	58	<b>TM</b> , Kalınlığa şişme
K. Laine, Antikainen vd.	2013	<i>Pinus sylvestris</i>	150 200	6,7 25	Brinell sertlik, geri kazanım
Arruda ve Del Menezzi	2013	<i>Trattinnickia burseraefolia</i>	140 180		<b>THM</b> , Yoğunluk, sıkıştırma oranı, ağırlık kaybı, denge rutubet, kalınlığa şişme ve su emilimi, pürüzlülük, ıslanabilirlik

Lauri Rautkari vd.	2013	<i>Pinus sylvestris</i> L.	150		<b>TM</b> , Yoğunluk profili, sertlik, Brinell sertlik
Bekhta vd.	2014	<i>Alnus glutinosa</i> G. <i>Fagus sylvatica</i> L. <i>Betula verrucosa</i> E.	100 150 200		<b>TM</b> , Pürüzlülük, anatomik özellikler
Pelit	2014	<i>Pinus Sylvestris</i> L. <i>Fagus Orientalis</i> L.	110 150	20 40	<b>TM+ısıt işlem+vernik</b> , yoğunluk, mekanik özellikler, direnç stabilizasyon, vernik katman öz.
Pelit vd.	2014	<i>Pinus sylvestris</i> L.	110 150	20 40	<b>TM+ısıt işlem</b> , Fiziksel özellikler
Pelit vd.	2015	<i>Pinus sylvestris</i> L.	110 150	20 40	<b>TM+ısıt işlem</b> , hava kurusu yoğunluk, Brinell sertlik
Pelit, Budakçı, vd.	2015	<i>Pinus sylvestris</i> L.	110 150	20 40	<b>TM+ısıt işlem+vernik</b> , pürüzlülük, parlaklık
Pelit ve Sönmez	2015	<i>Fagus Orientalis</i> L.	110 150	20 40	<b>TM+ısıt işlem</b> , sıkıştırma oranı, geri esneme, şişme, yoğunluk
Bekhta ve Krystofiak	2016	<i>Alnus glutinosa</i> <i>Fagus sylvatica</i> <i>Betula verrucosa</i>	100 150 200		<b>TM</b> , Temas açısı, Islanabilirlik, kütle kaybı
Budakçı vd.	2016	<i>Abies bornmulleriana</i> Mattf. <i>Tilia grandifolia</i> Ehrh. <i>Populus nigra</i> L.	100 140	25 50	<b>TM+ısıt işlem</b> , Janka sertliği ve mikroskopik, SEM analizi
Şenol ve Budakçı	2016				<b>THM, VTC, TM, TVM</b> literatür
Esteves vd.	2017	<i>Pinus pinaster</i> Ait.	190		<b>Isıt işlem+TM+Isıt işlem</b> , Yoğunluk, sertlik, eğilme, fiziksel ve mekanik öz. termitlere dayanıklılık, geri esneme,
Fu vd.	2017	<i>Acer saccharum</i> Marsh.	180 210		<b>THM</b> , mekanik özellikler, boyutsal kararlılık, ağırlık kaybı
Sandberg vd.	2017				<b>Kimyasal, Termo hidro işleme, THM literatür</b>
Kariz vd.	2017	<i>Picea abies</i> L. Karst	150		<b>Isıt işlem+TM</b> , geri esneme, mekanik öz., Brinell sertliği, yoğunluk profili
Şenol vd.	2017	<i>Abies Bornmülleriana</i> Mattf. <i>Populus nigra</i> L.	100 120 140		<b>TVM</b> , yoğunluk, aşınma direnci
Laskowska	2017	<i>Betula pendula</i> Roth.	100 200		<b>TM</b> , Yoğunluk profili, sertlik,
Cruz vd.	2018	<i>Pinus radiata</i>	180	50	<b>THM</b> , kimyasal bileşim, fiziksel ve mekanik özellikler, renk, FITIR
Hajihassani vd.	2018	<i>Populus deltoides</i>	160	40 60	<b>Kombine THM</b> , yoğunluk, su absorpsiyonu, geri esneme, kalınlığına şişme, mekanik özellikler
Pelit vd.	2018	<i>Abies bornmulleriana</i> M. <i>Tilia grandifolia</i> Ehrh. <i>Populus nigra</i> L.	100 140	25 50	<b>TM+ısıt işlem</b> , Mekanik, direnç özellikleri
Pertuzzatti vd.	2018	<i>Pinus elliottii</i> <i>Eucalyptus grandis</i>	150 170 190	50	<b>TM</b> , Yoğunluk, mekanik özellikler
Şenol	2018	<i>Abies bornmülleriana</i> M. <i>Populus nigra</i> L.	100 120 140		<b>TVM+renlendirici+koruyucu</b> , fiziksel, mekanik, teknik özellikler
Song vd.	2018				<b>Kimyasal+TM</b> ve benzer konular, literatür
Wehsener vd.	2018	<i>Populus nigra</i> L. <i>Fagus sylvatica</i> L. <i>Picea abies</i> Karst. <i>Quercus robur</i> L.	130	43 50	<b>TM+ termal modifikasyon</b> , eğilme direnci, statik ve dinamik sertlik, aşınma direnci, rutubet miktarı, boyutsal kararlılık, mantarlara dayanıklılık
Fleischhauer vd.	2019	<i>Fagus sylvatica</i> L.			<b>THM</b> , sonlu elemanlar yöntemi ile analiz
Gao vd.	2019	<i>Populus tomentosa</i>	180		<b>TM+ısıt işlem</b> , yoğunluk profili, mekanik öz., geri esneme
Tenorio ve Moya	2019	<i>Vochysia guatemalensis</i>			<b>THM</b>
Şenol ve Budakçı	2019	<i>Abies bornmülleriana</i> <i>Populus nigra</i> L.	120 140		<b>TVM</b> , parlaklık, Brinell sertlik,
Laskowska	2020a	<i>Fagus sylvatica</i> L. <i>Quercus robur</i> L. <i>Pinus sylvestris</i> L.	100		<b>TM</b> , yoğunluk profili, Brinell sertlik
Laskowska	2020b	<i>Fagus sylvatica</i> L. <i>Quercus robur</i> L.	100 150 200		<b>TM</b> , CIE renk değerleri
Lykidis vd.	2020	<i>Populus nigra</i>	150		<b>Emprenve+TM</b> , Yoğunluk profili
Mania vd..	2020	<i>Populus alba</i> L. <i>Betula pendula</i> R.		60 75	<b>Delignifikasyon + TM</b> , setlik, yoğunluk
Özdemir	2020	<i>Populus euramericana</i> cv, <i>Populus deltoides</i>	170	75 100	<b>TM</b> , mekanik özellikler
Tenorio vd.	2021	<i>Alnus acuminata</i> <i>Vochysia ferruginea</i> <i>Vochysia guatemalensis</i>	160 180	55	<b>TM</b> , renk, ağırlık kaybı, geri esneme

### 3. Sonuç ve neriler

Sıkıştırılarak yapılan yoğunlaştırma işlemleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde temel olarak çıkarılabilecek sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Genellikle dūřuk yoğunluktaki ađaç malzemeler çeşitli yöntemlerle sıkıştırılarak yoğunlaştırılmıştır. Araştırmalarda başlıca Termo-Mekanik (TM), Termo- Higo-Mekanik (THM), Viskoelastik-Termal-Sıkıştırma (VTC) ve Termo-Vibro-Mekanik (TVM) yöntemleri uygulanmıştır.
- Sıkıştırılarak yoğunlaştırmada yoğunluk artışına bağlı olarak fiziksel ve mekanik özellikler iyileşmekte, yüzey pürüzlülüğü ve ıslanabilirlik azalmakta, sertlik artmakta, olumsuz bir durum olarak geri esneme meydana gelmektedir. Bunu önlemek için ısıl işlem uygulanmakta ancak ısıl işlem renk değişikliğine neden olmakta, ağırlığını ve mekanik özelliklerini, pürüzlülüğü ve parlaklığı azaltmaktadır. Araştırmalarda ayrıca yoğunluk profili, FT-IR spektroskopisi, SEM analizleri uygulanmıştır.
- Dūřuk yoğunluğa sahip ađaç türlerinin yoğunlaştırılması olumsuz olan geri esneme özelliğini ortadan kaldıracak şekilde uygulanmalıdır. Buda ayrıca ısıl işlem vb. gibi işlem yapmayı gerektirmektedir. Isıl işlemin yoğunlaştırmadan gelecek olumlu özellikleri minimum derecede etkileyecek şekilde planlanması gerekmektedir.

### Kaynaklar

- Ábrahám, J., Németh, R., Molnár, S., (2010), Thermo-mechanical densification of Pannónia poplar, Proc. of the final conference of COST Action E. Vol. 53. 'Quality control for wood and wood products' 4-7. May. 2010, S: 282-292, Edinburgh.
- Ábrahám, J., Németh, R., (2012), Physical and mechanical properties of thermo-mechanically densified poplar, International Scientific Conference on Sustainable Development and Ecological Footprint - 26-27. March. 2012, Sopron/ Hungary.
- Ahmed, S. A., Morán, T., Hagman, O., Cloutier, A., Fang, C. H., Elustondo, D., (2013), Anatomical properties and process parameters affecting blister/blow formation in densified European aspen and downy birch sapwood boards by thermo-hygro-mechanical compression, *Journal of Materials Science*, 48(24), 8571-79. DOI:10.1007/s10853-013-7679-9.
- Arruda, L. M., Del Menezzi, C. H. S., (2013), Effect of thermomechanical treatment on physical properties of wood veneers, *International Wood Products Journal*, 4(4), 217-224. DOI:10.1179/2042645312Y.0000000022.
- Atik, C., Candan, Z., Unsal, O., (2013), Colour characteristics of pine wood affected by thermal compressing, *Ciência Florestal*, 23(2), 475-479.
- Bekhta, P., Proszky, S., Krystofiak, T., Mamonova, M., Pinkowski, G., Lis, B., (2014), Effect of thermomechanical densification on surface roughness of wood veneers, *Wood Material Science and Engineering*, 9(4), 233-245. DOI: 10.1080/17480272.2014.923042.
- Bekhta, P., Krystofiak, T., (2016), The influence of short-term thermo-mechanical densification on the surface wettability of wood veneers, *Maderas: Ciencia y Tecnologia*, 18(1), 79-90. DOI:10.4067/S0718-221X2016005000008.
- Blomberg, J., Persson, B., (2004), Plastic deformation in small clear pieces of Scots pine (*Pinus sylvestris*) during densification with the CaLignum process, *Journal of Wood*

*Science*, 50(4), 307-314. DOI:10.1007/s10086-003-0566-2.

- Blomberg, J., Persson, B., Blomberg, A., (2005), Effects of semi-isostatic densification of wood on the variation in strength properties with density, *Wood Science and Technology*, 39(5), 339-350.
- Budakçı, M., Pelit, H., Sönmez, A., Korkmaz, M., (2016), The effects of densification and heat post-treatment on hardness and morphological properties of wood materials, *BioResources*, 11(3), 7822-7838. DOI:10.15376/biores.11.3.7822-7838.
- Cruz, N., Bustos, C., Aguayo, M. G., Cloutier, A., Castillo, R., (2018), Impact of the chemical composition of pinus radiata wood on its physical and mechanical properties following thermo-hygro-mechanical densification, *BioResources*, 13(2), 2268-2282. DOI:10.15376/biores.13.2.2268-2282.
- Diouf, P. N., Stevanovic, T., Cloutier, A., Fang, C. H., Blanchet, P., Koubaa, A., Mariotti, N., (2011), Effects of thermo-hygro-mechanical densification on the surface characteristics of trembling aspen and hybrid poplar wood veneers, *Applied Surface Science*, 257(8), 3558-3564. DOI:10.1016/j.apsusc.2010.11.074.
- Esteves, B., Ribeiro, F., Cruz-Lopes, L., Ferreira, J., Domingos, I., Duarte, M., Nunes, L., (2017), Densification and heat treatment of maritime pine wood, *Wood Research*, 62(3), 373-388.
- Fang, C. H., Mariotti, N., Cloutier, A., Koubaa, A., Blanchet, P., (2012), Densification of wood veneers by compression combined with heat and steam, *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(1-3), 155-163. DOI:10.1007/s00107-011-0524-4.
- Fleischhauer, R., Hartig, J. U., Haller, P., Kaliske, M., (2019), Moisture-dependent thermo-mechanical constitutive modeling of wood, *Engineering Computations (Swansea, Wales)*, 36(1), 2-24. DOI:10.1108/EC-09-2017-0368.
- Fu, Q., Cloutier, A., Laghdir, A., (2017), Effects of heat and steam on the mechanical properties and dimensional stability of thermo-hygro-mechanically-densified sugar maple wood, *BioResources*, 12(4), 9212-9226. DOI:10.15376/biores.12.4.9212-9226.
- Gaff, M., Gašparik, M., (2013), Shrinkage and stability of thermo-mechanically modified aspen wood, *BioResources*, 8(1), 1136-1146. DOI:10.15376/biores.8.1.1136-1146.
- Gao, Z., Huang, R., Chang, J., Li, R., Wu, Y., (2019), Effects of pressurized superheated-steam heat treatment on set recovery and mechanical properties of surface-compressed wood, *BioResources*, 14(1), 1718-1730. DOI:10.15376/biores.14.1.1718-1730.
- Gong, M., Lamason, C., Li, L., (2010), Interactive effect of surface densification and post-heat-treatment on aspen wood, *Journal of Materials Processing Technology*, DOI:10.1016/j.jmatprotec.2009.09.013.
- Hajihassani, R., Mohebbi, B., Najafi, S. K., Navi, P., (2018), Influence of combined hygro-thermomechanical treatment on technical characteristics of poplar wood, *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 20 (1), 117-128. DOI:10.4067/S0718-221X2018005011001.
- Homan, W., Tjeerdsma, B., Beckers, E., Jorissen, A., (2000), Structural and other properties of modified wood, World Conference on Timber Engineering, 5, British Columbia.
- Kamke, F. A., (2006), Densified radiata pine for structural composites, *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 8(2), 83-92.

- Kariz, M., Kuzman, M. K., Sernek, M., Hughes, M., Rautkari, L., Kamke, F. A., Kutnar, A., (2017), Influence of temperature of thermal treatment on surface densification of spruce, *European Journal of Wood and Wood Products*, 75(1), 113-123. DOI:10.1007/s00107-016-1052-z.
- Khademi Bami, L., Mohebbi, B., (2011), Bioresistance of poplar wood compressed by combined hydro-thermo-mechanical wood modification (CHTM): Soft rot and brown-rot, *International Biodeterioration and Biodegradation*, 65(6), 866-870. DOI:10.1016/j.ibiod.2011.03.011.
- Korkut, S., Kocaefe, D., (2009), Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5(2), 11-34.
- Kutnar, A., Šernek, M., (2007), Densification of wood, *Gozdarstva in Lesarstva*, 82, 53-62.
- Laine, K., Antikainen, T., Rautkari, L., Hughes, M., (2013), Analysing density profile characteristics of surface densified solid wood using computational approach, *International Wood Products Journal*, 4(3), 144-149. DOI:10.1179/2042645313Y.0000000031.
- Laine, K., Rautkari, L., Hughes, M., Kutnar, A., (2013), Reducing the set-recovery of surface densified solid Scots pine wood by hydrothermal post-treatment, *European Journal of Wood and Wood Products*, 71(1), 17-23.
- Laine, K., (2014), *Improving the properties of wood by surface densification*, Aalto University publication series Doctoral Dissertations 133/2014 (Vol. 53, Issue 9). Aalto University publication series, S.59, Finland.
- Laine, K., Belt, T., Rautkari, L., Ramsay, J., Hill, C. A. S., Hughes, M. (2013), Measuring the thickness swelling and set-recovery of densified and thermally modified Scots pine solid wood, *Journal of Materials Science*, 48(24), 8530–38. DOI:10.1007/s10853-013-7671-4.
- Lamason, C., Gong, M., (2007), Optimization of pressing parameters for mechanically surface-densified aspen, *Forest Products Journal*, 57(10), 64-68.
- Laskowska, A., (2017), The influence of process parameters on the density profile and hardness of surface-densified birch wood (*Betula pendula* Roth), *BioResources*, 12(3), 6011-6023. DOI:10.15376/biores.12.3.6011-6023.
- Laskowska, A., (2020a), Density profile and hardness of thermo-mechanically modified beech, oak and pine wood, *Drewno*, 63(205), 1-16. DOI:10.12841/wood.1644-3985.D06.08.
- Laskowska, A., (2020b), The influence of ultraviolet radiation on the colour of thermo-mechanically modified beech and oak wood, *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 22(1), 55-68. DOI:10.4067/S0718-221X2020005000106.
- Lykidis, C., Moya, R., Tenorio, C., (2020), The effect of melamine formaldehyde impregnation and hot-pressing parameters on the density profile of densified poplar wood, *European Journal of Wood and Wood Products*, 78(3), 433–40. DOI:10.1007/s00107-020-01515-y.
- Mania, P., Wróblewski, M., Wójciak, A., Roszyk, E., Moliński, W., (2020), Hardness of densified wood in relation to changed chemical composition, *Forests*, 11(5). DOI:10.3390/F11050506.

- Özdemir, S. (2020), *Bükülmüş tabakalı kaplama kereste üretiminde termo-mekanik yoğunlaştırma uygulanması ve mekanik özellikler üzerine etkisi*, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi.
- Pelit, H., (2014), *Yoğunlaştırma ve ısı işleminin doğu kayını ve sarıçamın bazı teknolojik özellikleriyle üstyüzey işlemlerine etkisi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi.
- Pelit, H., Budakçı, M., Sönmez, A., (2018), Density and some mechanical properties of densified and heat post-treated Uludağ fir, linden and black poplar woods, *European Journal of Wood and Wood Products*, 76(1), 79-87. DOI:10.1007/s00107-017-1182-y.
- Pelit, H., Budakçı, M., Sönmez, A., Burdurlu, E., (2015), Surface roughness and brightness of scots pine (*Pinus sylvestris*) applied with water-based varnish after densification and heat treatment, *Journal of Wood Science*, 61(6), 586–594. <https://doi.org/10.1007/s10086-015-1506-7>.
- Pelit, H., Sönmez, A., (2015), Termo-mekanik yoğunlaştırma ve ısı işleminin doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) odununun bazı fiziksel özelliklerine etkisi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(1), 1-14.
- Pelit, H., Sönmez, A., Budakçı, M., (2015), Effects of thermomechanical densification and heat treatment on density and Brinell hardness of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Eastern beech (*Fagus orientalis* L.), *BioResources*, 10(2), 3097-3111. DOI: 10.15376/biores.10.2.3097-3111.
- Pelit, H., Sönmez, A., Budakçı, M., (2014), Effects of ThermoWood® process combined with thermo-mechanical densification on some physical properties of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.), *BioResources*, 9(3). DOI:10.15376/biores.9.3.4552-4567.
- Pertuzzatti, A., Missio, A. L., de Cademartori, P. H. G., Santini, E. J., Haselein, C. R., Berger, C., Gatto, D. A., Tondi, G. (2018), Effect of process parameters in the thermomechanical densification of pinus elliottii and eucalyptus grandis fast-growing wood, *BioResources*, 13(1), 1576-1590. DOI:10.15376/biores.13.1.1576-1590.
- Rautkari, L., (2012), *Surface modification of solid wood using different techniques*. Department of Forest Products Technology, Finland Aalto University, PhD Thesis.
- Rautkari, Lauri, Laine, K., Kutnar, A., Medved, S., Hughes, M., (2013), Hardness and density profile of surface densified and thermally modified scots pine in relation to degree of densification, *Journal of Materials Science*, 48(6), 2370–2375. DOI: 10.1007/s10853-012-7019-5.
- Rautkari, Lauri, Properzi, M., Pichelin, F., Hughes, M., (2009), Surface modification of wood using friction, *Wood Science and Technology*, 43(3-4), 291–299. DOI:10.1007/s00226-008-0227-0.
- Rautkari, Lauri, Properzi, M., Pichelin, F., Hughes, M., (2010), Properties and set-recovery of surface densified Norway spruce and European beech, *Wood Science and Technology*, 44(4), 679–691. DOI:10.1007/s00226-009-0291-0.
- Rowell, R. M., Konkol, P., (1987), *Treatments that enhance physical properties of wood*. Forest Products Laboratory, United States Department of Agriculture. Madison, DOI:FPL-GTR-55.
- Sandberg, D., Kutnar, A., Mantanis, G., (2017), *Wood modification technologies - A review*,



*IForest*, 10(6), 895–908. DOI:10.3832/ifor2380-010.

- Şenol, S., (2018), *Termo- Vibro - Mekanik ( TVM )işlem görmüş bazı ağaç malzemelerin fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi*, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi.
- Şenol, S., Budakçı, M. (2019), Effect of Thermo-Vibro-Mechanic® densification process on the gloss and hardness values of some wood materials, *BioResources*, 14(4), 9611-9627. DOI:10.15376/biores.14.4.9611-9627.
- Şenol, S., Budakçı, M., Korkmaz, M. (2017), Termo-vibro mekanik (TVM) yoğunlaştırma işleminin bazı ağaç malzemelerin yoğunluk ve aşınma direncine etkisi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi Journal*, 263-275.
- Şenol, S., Budakçı, M., (2016), Mekanik odun modifikasyon metotları, *Mugla Journal of Science and Technology*, 2(2), 53–53. <https://doi.org/10.22531/muglajsci.283619>.
- Skyba, O., Schwarze, F. W. M. R., Niemz, P. (2009), Physical and mechanical properties of Thermo-hygro-mechanically (THM) - Densified wood, *Wood Research*, 54(2), 1-18.
- Song, J., Chen, C., Zhu, S., Zhu, M., Dai, J., Ray, U., Li, Y., Kuang, Y., Li, Y., Quispe, N., Yao, Y., Gong, A., Leiste, U. H., Bruck, H. A., Zhu, J. Y., Vellore, A., Li, H., Minus, M. L., Jia, Z., ... Hu, L. (2018), Processing bulk natural wood into a high-performance structural material, *Nature*, 554(7691), 224-228. DOI: 10.1038/nature25476.
- Tenorio, C., Moya, R., (2019), Development of a thermo-hydro-mechanical device for wood densification adaptable to universal testing machines and its evaluation in a tropical species, *Journal of Testing and Evaluation*, 49, DOI: 10.1520/JTE20180760.
- Tenorio, C., Moya, R., Navarro-Mora, A., (2021), Flooring characteristics of thermo-mechanical densified wood from three hardwood tropical species in Costa Rica. *Maderas, Ciencia y Tecnología*, 23(23), 1–12. <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2021000100416>.
- Ulker, O., Imirzi, O., Burdurlu, E., (2012), The effect of densification temperature on some physical and mechanical properties of scots pine (*Pinus sylvestris* L.), *BioResources*, 7(4), 5581–5592. DOI: 10.15376/biores.7.4.5581-5592.
- Wehsener, J., Brischke, C., Meyer-Veltrup, L., Hartig, J., Haller, P., (2018), Physical, mechanical and biological properties of thermo-mechanically densified and thermally modified timber using the Vacu<sup>3</sup>-process, *European Journal of Wood and Wood Products*, 76(3), 809–821. DOI:10.1007/s00107-017-1278-4.