



*GreenTech*

VOL: 2 – ISSUE: 1 – JUNE 2024

**JOURNAL OF GREEN  
TECHNOLOGY AND  
ENVIRONMENT**



ISSN: 2980-2768

[www.journalgreentech.com](http://www.journalgreentech.com)

### EDITOR IN CHIEF

**Emre Birinci**   
Kastamonu University, Turkiye

### ASSOCIATE EDITORS

**Amir Nourbakhsh**   
Research Institute of Forests and Rangelands, Iran  
**Aujchariya Chotikhun**   
Prince of Songkla University, Thailand  
**Emilia Adela Salca**   
Transilvania University of Brasov, Romania  
**Jerzy Smardzewski**   
Poznan University of Life Sciences, Poland  
**Martin A. Hubbe**   
NC State University, USA  
**Salim Hızıroğlu**   
Oklohama State University, USA  
**Türker Dündar**   
İstanbul University Cerrahpaşa, Turkiye

### CONSULTATIVE COMMITTEE

**Abdeen Mustafa Omer**   
University of Nottingham, UK  
**Bekir Cihad Bal**   
Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Turkiye  
**Hülya Kalaycıoğlu**   
Karadeniz Technical University, Turkiye  
**İsmail Aydın**   
Karadeniz Technical University, Turkiye  
**Seng Hua Lee**   
Universiti Teknologi MARA, Malaysia  
**Yanting Gu**   
Nanjing Forestry University, China

### EDITORIAL BOARD

**Ali Kasal**   
Muğla Sıtkı Koçman University, Turkiye  
**Anton Kuzmin**   
Mordovian State University, Russia  
**Edward Loewenstein**   
Auburn University, USA  
**Emre Bayraktar**   
The University of Southern Mississippi, USA  
**Fatih Mengeloğlu**   
Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Turkiye  
**Fatma Yağmur Hazar Suncak**   
Kastamonu University, Turkiye  
**Ferhat Kara**   
Kastamonu University, Turkiye  
**Hakan Yaşarer**   
The University of Mississippi, USA  
**Lingling Hu**   
Zhejiang A&F University, Hangzhou, China  
**Mehmet Seki**   
Karabük University, Turkiye  
**Muhammad Irfan Ashraf**   
University of New Brunswick, Canada  
**Nihat Sami Çetin**   
İzmir Katip Çelebi University, Turkiye  
**Nilgöl Çetin Özmen**   
İzmir Katip Çelebi University, Turkiye  
**Renato S. Pacaldo**   
Mindanao State University, Philippines  
**Sevgi Kolaylı**   
Karadeniz Technical University, Turkiye

### LANGUAGE EDITORS

**Emre Aktürk**   
Kastamonu University, Turkiye  
**Hızır Volkan Görgün**   
İstanbul University Cerrahpaşa, Turkiye

<b>Ebony Macassar (<i>Diospyros celebica</i> Bakh.) Odununda Balmumu Uygulaması Üzerine Bir Çalışma (Araştırma Makalesi)</b> A Study on Wax Application on Ebony Macassar ( <i>Diospyros celebica</i> Bakh.) Wood (Research Article)	
<i>Şerif Kaplan, Osman Çamlıbel, Elif Hümeýra Bilginer, Ümit Ayata</i> .....	1-8
<b>Al and Fe Changes in <i>Cedrus atlantica</i> Depending on Organ, Age Range, and Direction (Research Article)</b> <i>Cedrus atlantica</i> 'da Organ, Yaş Aralığı ve Yöne Bağlı Al ve Fe Değişimleri (Araştırma Makalesi)	
<i>Duygu Seda Savaş, Hakan Şevik</i> .....	9-15
<b>Effect of Nano Material Ratio on Some Surface Properties of Wood Polymer Nanocomposites (Research Article)</b> Ahşap Polimer Nanokompozitlerin Bazı Yüzey Özellikleri Üzerine Nano Materyal Oranının Etkisi (Araştırma Makalesi)	
<i>Alperen Kaymakcı</i> .....	16-20
<b>Amazon Rosewood (<i>Dalbergia spruceana</i> Benth.) Ahşabında Ağartma Uygulamaları (Araştırma Makalesi)</b> Bleaching Applications on Amazon Rosewood ( <i>Dalbergia spruceana</i> Benth.) Wood (Research Article)	
<i>Ümit Ayata, Şerif Kaplan, Osman Çamlıbel, Elif Hümeýra Bilginer</i> .....	21-28
<b>Determination of Physical and Mechanical Properties of Veneered OSB (Research Article)</b> Kaplanmış OSB Levhaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi (Araştırma Makalesi)	
<i>Kadir Doğan</i> .....	29-34



Araştırma Makalesi

# Ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) Odununda Balmumu Uygulaması Üzerine Bir Çalışma

Şerif Kaplan<sup>1</sup>, Osman Çamlıbel<sup>2</sup>, Elif Hümeyra Bilginer<sup>3</sup> ve Ümit Ayata<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Bayburt Toplum Sağlığı Merkezi, Bayburt / Türkiye

<sup>2</sup> KTO Karatay Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya / Türkiye

<sup>3</sup> Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt / Türkiye

<sup>4</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, İç Mekân Tasarımı Programı, Kırıkkale / Türkiye

\* Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com

**Öz:** Bu çalışmada, Ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) odununda balmumu uygulamasının yapılması sonrasındaki renk, beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) (lifler dik ve paralel yönlerde) ve parlaklık özellikleri (lifler dik ve paralel yönlerde ve 20, 60 ve 85 derecelerde) belirlenmiştir. Bir kontrol grubu oluşturularak kat uygulamasına sahip örneklerle sonuçlar kıyaslanmıştır. Bütün kat uygulamaları ile  $L^*$ ,  $b^*$  ve  $C^*$  değerlerinde azalışlar belirlenmiştir. 60 ve 85 derecelerde en düşük sonuçlar balmumu uygulanmamış örneklerde bulunmuştur. Buna ek olarak, balmumu uygulamaları ile artışlar elde edilmiştir.  $WI^*$  değerleri her iki yönde de elde edilen sonuçlar balmumu uygulamasına ait kat sayısının artmasıyla azalmıştır.  $\Delta E^*$  değerleri 1 kat uygulama ile 5.86, 2 kat uygulama ile 9.01 ve 3 kat uygulama ile 9.22 olarak hesaplanmıştır.  $\Delta E^*$  değerleri 2 ve 3 kat balmumu uygulamaları ile birbirine çok yakın sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak; 3 kat uygulamaya gerek duyulmadığı söylene bilir.

**Anahtar Kelimeler:** Ebony Macassar; renk; *Diospyros celebica* Bakh; parlaklık; balmumu; beyazlık indeksi

## A Study on Wax Application on Ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) Wood

**Atıf:** Kaplan, Ş., Çamlıbel, O., Bilginer, E.H. ve Ayata, Ü. Ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) Odununda Balmumu Uygulaması Üzerine Bir Çalışma. Journal of GreenTech 2024, 2(1): 1-8.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.11097705>.

Geliş: 27.02.2024

Revizyon: 10.04.2024

Kabul: 29.04.2024

Yayın: 30.06.2024



**Copyright:** © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** This research investigated the impact of wax application on ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) wood, focusing on color and whiteness index ( $WI^*$ ) (fibers perpendicular and parallel directions) and glossiness properties (fibers perpendicular and parallel directions at 20, 60, and 85 degrees). A control group was established to compare results with samples lacking wax treatment. Across all wax applications, decreases in  $L^*$ ,  $b^*$ , and  $C^*$  values were observed. Samples without wax treatment exhibited the lowest values at 60 and 85 degrees, whereas wax treatments led to increases.  $WI^*$  values declined in proportion to the number of wax application layers.  $\Delta E^*$  values were determined as 5.86 for a single layer, 9.01 for two layers, and 9.22 for three layers. Given the close similarity between  $\Delta E^*$  values for two and three layers of wax application, it can be concluded that a three-layer application may not be necessary.

**Keywords:** Ebony Macassar; color; *Diospyros celebica* Bakh; glossiness; wax; whiteness index

## 1. Giriş

Doğal balmumları, bitkilerden, hayvanlardan ve minerallerden oluşmaktadır ve biyolojik ve abiolojik balmumları olarak sınıflandırılabilir. Biyolojik balmumları, canlıların koruyucu maddeleri veya besin maddeleri olarak oluşur. Biyolojik balmumlarının insan sağlığına ve çevreye zararlı olmadığı, ancak insanların günlük yaşamında doğal bir hediye olarak bazı özel özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Ruguo ve ark., 2011). Balmumlarının özellikleri hem fiziksel yöntemler (örneğin, fraksiyonlama) hem de kimyasal yöntemler kullanılarak değiştirilebilir. Balmumlarının kimyasal değişikliği yöntemlerinden biri olan oksidasyon, balmumlarının polar balmumlarının oluşmasını sağlar ve balmumları mikroemülsiyon üretimi için kullanılır. Balmumlarının emülsiyon formunda uygulanması, ısıtma ve eritme ihtiyacı olmaksızın kolay kullanım sağlar ve ayrıca organik çözücülerin kullanımının gerekli olmadığı bir ortam yaratır (Antosz ve Syrek, 2014).

Petrol veya madenden elde edilen balmumları, doğal kaynaklarının bol olmasından dolayı ahşap endüstrisinde daha yaygın olarak kullanılmaktadır (de Freitas ve ark., 2019). Balmumunun bileşenleri, düşük polariteye sahip organik çözücülerde kolayca çözünebilen alifatik bileşiklerin farklı bir karışımını içerir. Yüzeysel ekstraktifleri genellikle triterpenoidler, flavonoidler ve fenolik lipitler de içerir. Alifatik bileşikler, n-hidrokarbonları ve belirli karbonlarda hidroksi (OH) ve keton (O) gibi bir veya daha fazla fonksiyonel grubu olanları da içerir. Bunların arasında, alkanlar, aldehitler, birincil alkoller, yağ asitleri ve  $\beta$ -diketonlar en sık görülenlerdir. Zincir uzunlukları genellikle her bileşik sınıfında çoğunlukla çift veya tek sayıda homolog bulunan 20 ila 34 karbon arasında değişir. Bir balmumunun bileşimi sadece bitkiden bitkiye, organdan organa ve bazen hücreden hücreye değil, aynı zamanda gelişim aşamasına ve çevresel koşullara bağlı olarak da değişir (von Wettstein-Knowles, 2012).

Balmumu emülsiyonları vakum/basınç işlemiyle ahşaba uygulandığında, balmumları UV bozulmasından etkilenen bölgenin ötesine nüfuz eder. Balmumu ile işlem görmüş ahşabın kullanım süresi boyunca performans göstermesi beklenir (Zahora, 1991). Mumlar, macun, sıvı, pasta, şerit, ince pullar ve toz halinde piyasada bulunur (Hammond ve ark., 1969). Balmumu uygulamalarına ait başka çalışma alanlarına bakıldığında; ayakkabı cilası ve rujlarda yağ bağlama, şekerleme ve endüstriyel kaplamalarda su geçirmezlik, fırınlanmış ürünlerde ve plastiklerde serbest performans, araç cilalarında ve mürekkeplerinde çizilmeye karşı dayanıklılık, sıcak eriyiklerde ve sakızlarda plastikleştirme, kalemlerde ve metal işleme alanında yağlama, maskaralarda ve toniklerde dağılma, tarımsal ve farmasötik matrislerde gecikmiş salım ve seramiklerde ve kozmetik pudralarda bağlama özellikleri (Bayer ve ark., 2011) gibi konuları da içerdiği bildirilmiştir.

Literatürde çeşitli ağaç türlerine ait yüzeyler üzerinde balmumu uygulamalarının yapıldığı görülmektedir [zeytin (*Olea europaea* L.) (Peker ve ark., 2024a), erik (*Prunus domestica* L.) (Peker ve ark., 2024b), balau red (*Shorea guiso*) (Peker ve ark., 2024c), lodgépole çamı (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon.) ve (*Eucalyptus saligna*) (Zhang ve ark., 2022), ceviz (*Juglans regia*) ve akçaağaç (*Acer pseudoplatanus*) (Liu ve ark., 2022), melez (*Larix gmelinii*) (Zhang ve ark., 2020), *Pterocarpus macrocarpus* Kurz (Yang ve ark., 2021), lodgépole çamı (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon.) (Wang ve ark., 2020)]. Ama yapılan araştırma sonunda *Diospyros celebica* Bakh ahşabı üzerinde bir balmumu çalışmasının yapıldığı belirlenmiştir.

Bu ağaç türü hakkında bilgi vermek gerekirse; *Diospyros* cinsi, tropikal ve ılıman bölgelerde yetişen yaklaşık 500 tür ağaç ve çalı içermektedir. Afrika, Hindistan ve Güneydoğu Asya'daki tropikal bazı *Diospyros* türlerinin koyu siyah öz odunu siyah lekeler veya çizgilerle karakterize edilmektedir. Genellikle siyah ağaç veya ebony ağacı olarak adlandırılır. Bu ahşabın yüksek bir değeri vardır (Noda ve ark., 2002; Karlinasari ve ark., 2020).

*Diospyros celebica* Bakh genellikle Sulawesi, Endonezya'da yetiştirilir ve Ebenaceae, *Diospyros* ailesine aittir. Bu ağaç farklı isimlerde tanınmaktadır (cennet kuşu, kızıl ejder balığı ve ahşabın siyah incisi) (Chen ve ark., 2018). Fidanları, bir gölgelik altında iyi gelişirken, küçük boşlukları tercih eder. Ağaç tek başına büyüdüğünde, sürgünler solmakta veya gövdeler ölmekte olup, ardından da yan sürgünler büyümektedir (Seran ve ark., 1988).

Bu türün öz odun üretip üretmediği büyük ölçüde ağacın ne kadar büyüdüğüne bağlıdır. Ancak aynı türün bireylerinde bile öz odun ve diri odunun oranında geniş bir varyasyon olduğundan, diğer koşullara da bağlıdır. Üretilen öz odun, pembe, sarımsı, kahverengi veya kül renginde çizgili siyah olabilir.

Genellikle beyazımsı, sarımsı veya kırmızımsı diri odunun ince ile çok geniş bir bantından keskin bir şekilde ayrılır. Dokusu ince, düz ve (özellikle öz odun) çok yoğundur. Lif genellikle çok düzdür (Schneider, 1916).

Ahşabın sertliği sert ile çok sert arasında, ağırlığı ise ağır ile çok ağır arasındadır. Diri odun kırılğan iken esnek ve dayanıklıdır. Öz odun çok dayanıklıdır. Diri odun ortalama dayanıklıdır. İyi bir şekilde kurutmak zordur. Kütükler neredeyse her zaman özden dışarıya doğru birkaç yönde çatlak, kesilmiş kereste ise eğilmeyi önlemek için dikkatlice istiflenmelidir. Ancak tamamen kuruduktan sonra çok kararlı hale gelir. Çok yüksek yoğunluğu odunun işlenmesini zorlaştırır. Ancak keskin aletler yardımı altında güzel bir yüzey elde edilebilmektedir (Schneider, 1916).

Bu çalışmada, ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) ahşabında balmumu uygulamasının yapılması sonrasında meydana gelen bazı yüzey değişimleri incelenmiştir.

## 2. Deneysel Çalışmalar

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Ahşap malzeme

Ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) deney örnekleri 100 mm x 100 mm x 20 mm boyutlarında bir kereste satıcısından satın alınmıştır. Daha sonra 80, 100 ve 120 numaralı zımparalar ile zımparalanmıştır. Deney örnekleri üzerinde iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (20±2°C ile %65 bağıl nem) (ISO 554, 1976).

#### 2.1.2. Balmumu

Balmumu özel bir firmadan satın alınma yöntemi ile temin edilmiştir. Doğal ve sentetik balmumlarının karışımına sahip yağ (görünüm: macun, renk: nötr, koku: karakteristik, suda çözünürlük: dağılabilir fakat çözünmez, kuru artık: %30 ve pH değeri: 7.6) kullanılmıştır.

### 2.2. Metot

#### 2.2.1. Balmumunun ahşap malzeme yüzeylerine uygulanması

Çalışmada, doğal ve sentetik balmumlarının karışımına sahip balmumu ahşap malzeme yüzeylerine 1, 2 ve 3 kat olarak bir fırça yardımıyla uygulanmıştır.

#### 2.2.2. Renk özelliklerinin belirlenmesi

Renk değişimi, (ASTM D 2244-3, 2007) CS-10 (CHN Spec, Çin) [CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağılık aydınlatma)] cihazı ile ölçülmüştür. Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıkları belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^o = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - C^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - a^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - L^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - b^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

**Tablo1.**  $\Delta a^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999).

Parametre	Pozitif durumda	Negatif durumda
$\Delta L^*$	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
$\Delta a^*$	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
$\Delta b^*$	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi
$\Delta C^*$	Referanstan daha net, daha parlak	Mat, referanstan daha bulanık

\* $\Delta C^*$ : kroma kısmı veya doygunluk farkı ve  $\Delta H^*$ : ton bölümü veya gölge farkı.

$\Delta E^*$  kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979) Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo2.**  $\Delta E^*$  değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN5033, 1979).

Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ )	Görsel renk puanı farkı
<0.2	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	Zayıf
1.5 ila 3.0	Belirgin
3.0 ila 6.0	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	Güçlü
>12.0	Çok güçlü

### 2.2.3. Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) özelliklerinin belirlenmesi

Whiteness Meter BDY-1 cihazı ile beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerleri liflere paralel ve dik yönlerde belirlenmiştir (ASTM E313-15e1, 2015).

### 2.2.4. Parlaklık özelliklerinin belirlenmesi

Parlaklık testleri ETB-o833 model gloss meter cihazında üç farklı açılarda ( $20^\circ$ ,  $60^\circ$  ve  $85^\circ$ ) liflere dik ve paralel yönlerde olacak şekilde yapılmıştır (ISO 2813, (1994)).

### 2.2.5. İstatistiksel analiz

Bir istatistik programı ile standart sapmaları, maksimum ve minimum değerleri, ortalamalar homojenlik grupları, varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Renk parametrelerine ait olan varyans analizi sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün renk parametreleri için uygulanan balmumu kat sayısı faktörünün anlamlı olarak elde edildiği görülmüştür (Tablo 3).

**Tablo3.** Renk parametrelerine ait olan varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	Test	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	$\alpha < 0.05$
Kat sayısı	Işıklılık ( $L^*$ )	494.258	3	164.753	423.780	0.000*
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	60.545	3	20.182	289.896	0.000*
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	49.846	3	16.615	99.336	0.000*
	Kroma ( $C^*$ )	44.434	3	14.811	86.280	0.000*
	Ton ( $H^*$ ) açısı	10824.210	3	3608.070	2771.707	0.000*
Hata	Işıklılık ( $L^*$ )	13.996	36	0.389		
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	2.506	36	0.070		
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	6.021	36	0.167		
	Kroma ( $C^*$ )	6.180	36	0.172		
	Ton ( $H^*$ ) açısı	467.725	36	12.992		
Toplam	Işıklılık ( $L^*$ )	34243.441	40			
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	63.480	40			
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	847.611	40			
	Kroma ( $C^*$ )	911.705	40			
	Ton ( $H^*$ ) açısı	373341.497	40			
Düzeltilmiş toplam	Işıklılık ( $L^*$ )	508.254	39			
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	63.052	39			
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	55.867	39			
	Kroma ( $C^*$ )	50.614	39			
	Ton ( $H^*$ ) açısı	11291.935	39			

\*\* $p < 0.05$

$L^*$  değeri için en yüksek kontrol deney gurubunda (34.79) bulunurken, en düşük sonuç 3 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (26.12) belirlenmiştir. Kat sayısının artması ile  $L^*$  değerleri azalmıştır (azalış oranları sırasıyla 1, 2 ve 3 kat için %16.61, %24.55 ve %24.92) (Tablo 4).

$a^*$  değeri için en yüksek kontrol 1 kat balmumu uygulanmış örneklerde (1.54) görülürken, en düşük sonuç 2 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (-1.33) tespit edilmiştir.  $a^*$  değerinde 1 kat balmumu uygulaması ile %144.44 oranında artış elde edilirken, 2 ve 3 kat balmumu uygulamaları ile sırasıyla %311.11 ve %298.41 oranlarında azalışlar görülmüştür (Tablo 4).

$b^*$  değeri için en yüksek kontrol deney gurubunda (5.65) belirlenirken, en düşük sonuç 3 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (3.14) elde edilmiştir.  $b^*$  değerlerinde kat sayısının artması ile azalışlar görülmüştür (1, 2 ve 3 kat uygulamalar sırasıyla %3.36, %37.17 ve %44.42) (Tablo 4).

$C^*$  değeri için en yüksek kontrol deney gurubunda (5.69) elde edilirken, en düşük sonuç 3 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (3.39) görülmüştür.  $C^*$  değerlerinde kat sayısının artması ile azalışlar belirlenmiştir (1 kat uygulama ile %0.18, 2 kat uygulama ile %33.22 ve 3 kat uygulama ile %40.42) (Tablo 4).

$h^o$  değeri için en yüksek 2 kat balmumu uygulamasına sahip örneklerde (110.83) tespit edilirken, en düşük sonuç 1 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (74.30) bulunmuştur.  $h^o$  parametresinde 1 kat balmumu uygulaması ile %11.30 oranında azalış tespit edilirken, 2 ve 3 kat balmumu uygulamaları ile sırasıyla %32.30 ve %33.28 oranlarında artışlar belirlenmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4** Renk parametrelerine ait dan varyans analizi sonuçları.

Test	Balmumu uygulaması	Öçüm sayısı	Ortalama	%değişim	Homojenlik grubu	Standart sapma	Minimum	Maksimum	Varyans katsayısı
$L^*$	Kontrol	10	34.79	-	A*	32.22	32.22	35.83	3.18
	1 kat	10	29.01	↓16.61	B	28.30	28.30	29.37	1.11
	2 kat	10	26.25	↓24.55	C	25.58	25.58	26.82	1.32
	3 kat	10	26.12	↓24.92	C*	25.36	25.36	26.42	1.27
$a^*$	Kontrol	10	0.63	-	B	0.21	0.32	0.97	3315
	1 kat	10	1.54	↑144.44	A*	0.31	1.07	1.96	20.01
	2 kat	10	-1.33	↓311.11	C*	0.25	-1.67	-0.98	-18.97
	3 kat	10	-1.25	↓298.41	C	0.28	-1.67	-0.83	-22.19
$b^*$	Kontrol	10	5.65	-	A*	0.64	4.66	6.33	11.25
	1 kat	10	5.46	↓3.36	A	0.35	4.80	5.90	6.15
	2 kat	10	3.55	↓37.17	B	0.34	3.12	3.97	9.63
	3 kat	10	3.14	↓44.42	C*	0.19	2.75	3.55	6.02
$C^*$	Kontrol	10	5.69	-	A*	0.65	4.69	6.41	11.43
	1 kat	10	5.68	↓0.18	A	0.38	4.91	6.19	6.64
	2 kat	10	3.80	↓33.22	B	0.29	3.38	4.12	7.62
	3 kat	10	3.39	↓40.42	C*	0.19	3.05	3.77	5.73
$h^o$	Kontrol	10	83.77	-	B	1.54	81.25	86.22	1.84
	1 kat	10	74.30	↓11.30	C*	2.62	70.49	78.26	3.52
	2 kat	10	110.83	↑32.30	A*	4.63	103.87	116.46	4.18
	3 kat	10	111.65	↑33.28	A	4.62	104.90	117.97	4.13

Homojenlik Grubu sütunu için \*en yüksek değer, \*\*en düşük değer

Toplam renk farklılıklarına ait hesaplanmış sonuçlar Tablo 5’de sunulmaktadır.  $\Delta E^*$  değerleri 1 kat uygulama ile 5.86, 2 kat uygulama ile 9.01 ve 3 kat uygulama ile 9.22 olarak tespit edilmiştir. Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979) ile elde edilen sonuçlar kıyaslandığı zaman 1 kat balmumu uygulaması ile “çok belirgin (3.0 ila 6.0)” sonucuna ulaşılırken, 2 ve 3 kat balmumu uygulamaları ile “güçlü (6.0 ila 12.0)” sonucu elde edilmiştir. 2 ve 3 kat balmumu uygulamalarına ait sonuçlar birbirlerine çok yakın olarak elde edilmiştir.  $\Delta L^*$  (referansa göre daha koyu),  $\Delta b^*$  (referansa göre daha mavi) ve  $\Delta C^*$  (referansa göre daha bulanık) değerleri negatif olarak bulunmuştur.  $\Delta a^*$  değerleri 1 kat uygulama ile pozitif (referansa göre daha kırmızı) olarak belirlenirken, 2 ve 3 kat uygulamaları ile negatif (referansa göre daha yeşil) yönde tespit edilmiştir.  $\Delta H^*$  değerleri 1 kat uygulama ile 0.94, 2 kat uygulama ile 2.17 ve 3 kat uygulama ile 2.12 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5).



**Tablo 5.** Toplam renk farklılıklarına ait hesaplanmış sonuçlar.

Uygulama sonrası	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	Renk değişim kriterleri (DIN5033, 1979)
1 kat balmumu	-5.78	0.92	-0.19	-0.01	0.94	5.86	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)
2 kat balmumu	-8.54	-1.96	-2.10	-1.88	2.17	9.01	Güçlü (6.0 ila 12.0)
3 kat balmumu	-8.68	-1.87	-2.51	-2.30	2.12	9.22	Güçlü (6.0 ila 12.0)

Parlaklık değerlerine ait olan varyans analizi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün parlaklık değerleri için uygulanan balmumu kat sayısı faktörünün anlamlı olarak elde edildiği görülmüştür (Tablo 6).

**Tablo 6.** Parlaklık değerlerine ait olan varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	Test	Kareler toplam	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	$\alpha < 0.05$
Kat sayısı	⊥ 20° de parlaklık	0.000	3	0.000	-	-
	⊥ 60° de parlaklık	0.649	3	0.216	16.158	0.000*
	⊥ 85° de parlaklık	277.202	3	92.401		
	20° de parlaklık	0.577	3	0.192		
	60° de parlaklık	10.189	3	3.396		
	85° de parlaklık	99.565	3	33.188		
H <sub>beta</sub>	⊥ 20° de parlaklık	0.000	36	0.000		
	⊥ 60° de parlaklık	0.482	36	0.013		
	⊥ 85° de parlaklık	2.402	36	0.067		
	20° de parlaklık	0.081	36	0.002		
	60° de parlaklık	4.910	36	0.136		
	85° de parlaklık	8.133	36	0.226		
Toplam	⊥ 20° de parlaklık	0.400	40			
	⊥ 60° de parlaklık	183.460	40			
	⊥ 85° de parlaklık	1311.860	40			
	20° de parlaklık	1.990	40			
	60° de parlaklık	294.940	40			
	85° de parlaklık	2769.490	40			
Düzeltilmiş toplam	⊥ 20° de parlaklık	0.000	39			
	⊥ 60° de parlaklık	1.131	39			
	⊥ 85° de parlaklık	279.604	39			
	20° de parlaklık	0.658	39			
	60° de parlaklık	15.099	39			
	85° de parlaklık	107.698	39			

\*anlamlı, \*\*önemsiz

Tablo 7'de parlaklık değerlerine ait olan ölçüm sonuçları verilmiştir. 20 derecede liflere dik yönde ölçümlerde balmumları uygulamaları ile hiçbir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Ama aynı derece için paralel yönde ise artışlar tespit edilmiştir. Buna ek olarak, 60 ve 85 derecelerde bütün yönlerde artışlar görülmüştür. Bu derecelerde en düşük sonuçlar kontrol deney grubuna ait örnekler üzerinde tespit edilmiştir (Tablo 7).

**Tablo 7.** Parlaklık değerlerine ait olan ölçüm sonuçları.

Test	Balmumu uygulaması	Öçüm sayısı	Ortalama	% değişim	Homojenlik grubu	Standart sapma	Minimum	Maksimum	Varyans katsayısı
⊥ 20°	Kontrol	10	0.10	-	A	0.00	0.10	0.10	0.00
	1 kat	10	0.10	0.00	A	0.00	0.10	0.10	0.00
	2 kat	10	0.10	0.00	A	0.00	0.10	0.10	0.00
	3 kat	10	0.10	0.00	A	0.00	0.10	0.10	0.00
⊥ 60°	Kontrol	10	1.93	-	C**	0.05	1.90	2.00	2.50
	1 kat	10	2.13	↑10.36	B	0.05	2.10	2.20	2.27
	2 kat	10	2.22	↑15.03	AB	0.04	2.20	2.30	1.90
	3 kat	10	2.26	↑17.10	A*	0.22	2.10	2.60	9.60
⊥ 85°	Kontrol	10	0.91	-	D**	0.21	0.70	1.20	23.43
	1 kat	10	7.77	↑753.85	A*	0.18	7.60	8.00	2.35
	2 kat	10	4.82	↑429.67	C	0.24	4.50	5.20	5.06
	3 kat	10	6.82	↑649.45	B	0.36	6.20	7.20	5.26
20°	Kontrol	10	0.10	-	B**	0.00	0.10	0.10	0.00
	1 kat	10	0.39	↑290.00	A*	0.07	0.30	0.50	18.92
	2 kat	10	0.12	↑20.00	B	0.04	0.10	0.20	35.14
	3 kat	10	0.12	↑20.00	B	0.04	0.10	0.20	35.14
60°	Kontrol	10	2.04	-	C**	0.08	2.00	2.20	4.13
	1 kat	10	3.37	↑65.20	A*	0.43	3.00	4.00	12.67
	2 kat	10	2.34	↑14.71	C	0.08	2.20	2.40	3.60
	3 kat	10	2.83	↑38.73	B	0.59	1.90	3.40	20.87

Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait olan varyans analizi sonuçları Tablo 8'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün  $WI^*$  değerleri için uygulanan balmumu kat sayısı faktörünün anlamlı olarak elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 8).

**Tablo 8.** Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait olan varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	Test	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	$\alpha < 0.05$
Kat sayısı	$WI^*(\perp)$	173.000	3	57.667	483.240	0.000*
	$WI^*(\parallel)$	14.568	3	4.856	209.110	0.000*
Hata	$WI^*(\perp)$	4.296	36	0.119		
	$WI^*(\parallel)$	0.836	36	0.023		
Toplam	$WI^*(\perp)$	736.800	40			
	$WI^*(\parallel)$	96.060	40			
Düzeltilmiş toplam	$WI^*(\perp)$	177.296	39			
	$WI^*(\parallel)$	15.404	39			

Tablo 9'da beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait olan ölçüm sonuçları gösterilmiştir. Her iki yönde ölçülen  $WI^*$  değerleri için en yüksek sonuçlar kontrol deney gruplarında ( $\perp$ : 7.34 ve  $\parallel$ : 2.40) bulunurken, en düşük sonuçlar 3 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde ( $\perp$ : 2.44 ve  $\parallel$ : 0.84) tespit edilmiştir. Kat sayısının artması ile her iki yönde ölçülen  $WI^*$  değerleri de azalmıştır (1, 2 ve 3 kat uygulamaları için sırasıyla ( $\perp$ : %64.03, 65.40 ve 66.76 ile  $\parallel$ : %40.83, %57.50 ve %65.00).

Literatürde çeşitli ağaç türlerine ait yüzeyler üzerinde balmumu uygulamalarının yapılması sonrasında renk parametrelerinin, parlaklık değerlerinin ve beyazlık indeksi değerlerinin değiştiği bildirilmiştir [zeytin (*Olea europaea* L.) (Peker ve ark., 2024a), erik (*Prunus domestica* L.) (Peker ve ark., 2024b), balau red (*Shorea guiso*) (Peker ve ark., 2024c)].

**Tablo 7.** Parlaklık değerlerine ait olan ölçüm sonuçları.

Test	Balmumu uygulaması	Öçüm sayısı	Ortalama	% değişim	Homjenlik grubu	Standart sapma	Minimum	Maksimum	Varyans katsayısı
$WI^{\perp}$	Kontrol	10	7.34	-	A*	0.69	6.00	8.00	9.33
	1 kat	10	2.64	↓64.03	B	0.05	2.60	2.70	1.96
	2 kat	10	2.54	↓65.40	B	0.05	2.50	2.60	2.03
	3 kat	10	2.44	↓66.76	B*	0.05	2.40	2.50	2.12
$WI^{\parallel}$	Kontrol	10	2.40	-	A*	0.24	2.10	2.70	10.02
	1 kat	10	1.42	↓40.83	B	0.15	1.30	1.70	10.91
	2 kat	10	1.02	↓57.50	C	0.09	0.90	1.20	9.01
	3 kat	10	0.84	↓65.00	D*	0.05	0.80	0.90	6.15

Homjenlik Grubu sütunu için \*en yüksek değer, \*\*en düşük değer

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

- 60 ve 85 derecelerde ölçülmüş olan parlaklık değerlerinde en düşük sonuçlar balmumu uygulanmamış örneklerde tespit edilmiştir. Buna ek olarak, balmumu uygulamaları ile artışlar görülmüştür.
- Beyazlık indeksi değerleri liflere dik ve paralel yönlerde elde edilen sonuçlar balmumu uygulamasına ait kat sayısının artmasıyla azalmıştır.
- Toplam renk farklılıklarına ait ( $\Delta E^*$ ) değerleri 2 ve 3 kat balmumu uygulamaları ile birbirine çok yakın sonuçlar verdiğinden 3 kat uygulamaya gerek duyulmadığı söylenebilir.
- Bütün kat uygulamaları ile  $L^*$ ,  $b^*$  ve  $C^*$  değerlerinde azalışlar görülmüştür.
- Elde edilen balmumu ile kaplanmış örnekler üzerinde doğal veya yapay yaşlandırma uygulamalarının yapılması önerilmektedir.

**Yazar Katkıları:** Kavramsallaştırma, Ü.A., Ş.K. ve E.H.B.; metodoloji, Ü.A. ve O.Ç.; yazılım, Ş.K. ve E.H.B.; doğrulama, Ş.K., O.Ç., E.H.B. ve Ü.A.; içerik analizi, Ş.K., O.Ç., E.H.B. ve Ü.A.; araştırma, X.X.; çalışma olanakları, Ü.A., Ş.K. ve E.H.B.; veri düzenleme, Ş.K., O.Ç., E.H.B. ve Ü.A.; yazma—orijinal taslak hazırlama, Ü.A. ve O.Ç.; yazma—inceleme ve düzenleme, O.Ç. ve Ş.K.; görselleştirme, E.H.B.; süpervizyon, Ü.A.; proje yönetimi, Ü.A. ve Ş.K.; fon sağlama, Ş.K., O.Ç., E.H.B. ve Ü.A. Tüm yazarlar makalenin yayınlanan versiyonunu okumuş ve kabul etmiştir.

**Fon Desteği:** Bu çalışmada herhangi bir dış finansmandan maddi destek alınmamıştır.

**Çıkar Çatışmaları:** Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

## Kaynaklar

- Antosz, A., & Syrek, H. (2014). Badania nad wytwarzaniem mikroemulsji woskowych w reaktorze ciśnieniowym. Część II. Nafta-Gaz, 60(6): 520-527.
- 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 E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Bayer, I.S., Fragouli, D., Martorana, P.J., Martiradonna, L., Cingolani, R., & Athanassiou, A. (2011). Solvent resistant superhydrophobic films from self-emulsifying carnauba wax-alcohol emulsions, *Soft Matter*, 7(18): 7939-7943. <https://doi.org/10.1039/c1sm05710c>.
- Chen, J., Ni, C., Lou, J., & Peng, W. (2018). Molecules and functions of rosewood: *Diospyros celebica*. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(6), 756-762. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.12.033>.
- de Freitas, C.A.S., de Sousa, P.H.M., Soares, D.J., da Silva, J.Y.G., Benjamin, S.R., & Guedes, M.I.F. (2019). Carnauba wax uses in food-A review. *Food chemistry*, 291: 38-48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.133>.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Hammond, J.J., Donnelly, E.T., Harrod, W.F., Rayner, N.A., & Özden, F. (1969). Ağaç işleri teknolojisi, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, Editör: İrfan Zorlu, Ajans Türk Matbaacılık Sanayi, 554 sayfa.
- 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.
- Karlinasari, L., Purwanto, Y. A., Majiudu, M., Dwiyantri, F.G., Rafi, M., Damayanti, R., Harnelly, E., & Siregar, I.Z. (2020). Discrimination and determination of extractive content of ebony (*Diospyros celebica* Bakh.) from celebes island by near-infrared spectroscopy. *Forests*, 12(1), 6. <https://doi.org/10.3390/f12010006>
- Lange, D.R. (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
- Liu X., Timar M.C., Varodi A.M., Nedelcu R., & Torcătoru M.J. (2022). Colour and surface chemistry changes of wood surfaces coated with two types of waxes after seven years exposure to natural light in indoor conditions. *Coatings*, 12(11): 1689. <https://doi.org/10.3390/coatings12111689>.
- Noda, E., Aoki, T., & Minato, K. (2002). Physical and chemical characteristics of the blackened portion of Japanese persimmon (*Diospyros kaki*). *Journal of Wood Science*, 48: 245-249.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., Çamlıbel, O., ve Gürleyen, L., (2024a). Zeytin (*Olea europaea* L.) ahşabında bazı yüzey özellikleri üzerine balmumu uygulamasının etkileri, *Journal of Marine and Engineering Technology*, 4(1): basımda.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., Çamlıbel, O., ve Gürleyen, L., (2024b). Balmumu uygulanmış erik (*Prunus domestica* L.) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine farklı kat sayılarının etkileri, *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, basımda.
- Ruguo, Z., Hua, Z., Hong, Z., Ying, F., Kun, L., & Wenwen, Z. (2011). Thermal analysis of four insect waxes based on differential scanning calorimetry (DSC). *Procedia Engineering*, 18: 101-106. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.016>.
- Schneider, E.E. (1916). Commercial woods of the Philippines: Their preparation and uses. *Philippine Bur. Forestry Bull*, 14.
- Seran, D., Lempang, M., Allo, M.K., Sumardjito, Z., Paembonan, S., and Ginoga, B. (1988). Aspek ekologi ebony (*Diospyros celebica* Bakh) di cagar alam Kalaena, Kabupaten Luwu, Propinsi Sulawesi Selatan *Jurnal Penelitian Kehutanan*, 2(1): 1-8.
- von Wettstein-Knowles, P. (2012). Plant waxes. *eLS*, 1-13.
- Wang, W., Ran, Y., & Wang, J. (2020). Improved performance of thermally modified wood via impregnation with carnauba wax/organoclay emulsion. *Construction and Building Materials*, 247: 118586. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118586>.
- Yang, L., Han, T., Liu, Y., & Yin, Q. (2021). Effects of vacuum heat treatment and wax impregnation on the color of *Pterocarpus macroparpus* Kurz. *Bioresources*, 16(1): 954-963. <https://doi.org/10.15376/biores.16.1.954-963>.
- Zahora, A. (1991). Interactions between water-borne preservatives and emulsion additives that influence the water repellency of wood. The International Research Group on Wood Protection, IRG/WP, 2374.
- Zhang, J.Y., Chesnokova, T., Zhang, B.Y., & Zhan, J. F. (2020). Chromatic variability of larch wood impacted by high-temperature thermal treatment and oil-wax coating. *Journal of Forestry Engineering*, 5(6): 64-75. <https://doi.org/10.13360/j.issn.2096-1359.202003012>.
- Zhang, L., Yang, X., Chen, Z., Dong, H., Tan, Y., & Bai, X. (2022). Properties and durability of wood impregnated with high melting point polyethylene wax for outdoor use. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 42(5): 342-351. <https://doi.org/10.1080/02773813.2022.2095404>.

**Yasal Uyarı/Sorumluluk Reddi:** Tüm yayınlarda yer alan ifadeler, görüşler ve veriler yalnızca yazarlara ve (varsa) katkıda bulunanlara aittir; *Journal of Green Technology and Environment* ve/veya editörlerine ait değildir. *Journal of Green Technology and Environment* ve/veya editörleri, içerikte atıfta bulunulan herhangi bir fikir, yöntem, talimat veya üründen kaynaklanan, insanlara veya mallara gelebilecek herhangi bir zararın sorumluluğunu reddeder.



Research Article

# Al and Fe Changes in *Cedrus atlantica* Depending on Organ, Age Range, and Direction

Duygu Seda Savaş<sup>1</sup> and Hakan Şevik<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Engineering and Architecture, Department of Environmental Engineering, Kastamonu University, 37150, Kastamonu, Türkiye

\* Correspondence: hsevik@kastamonu.edu.tr

**Abstract:** Among the environmental pollution components that are among the most critical troubles of the present day, air contamination and, specifically, heavy metal (HM) contamination, whose release rises with industrial doings, are of great significance. One of the most effective methods for screening the differences in HM concentrations in the atmosphere over time is using annual rings of trees as biomonitors. This study tried to determine the changes in the concentrations of Fe and Al, the most common heavy metals, in the annual rings of the *Cedrus atlantica* tree, which was cut down at the end of 2019 in Kastamonu province, depending on the plant organ, age-range, and direction. According to the study results, the concentration of Fe element in the plant is not caused by traffic, while the concentration of Al increases due to traffic and enters the plant from the air. Study results show that both elements can be transferred in *Cedrus atlantica* wood.

**Keywords:** Heavy Metal; Biomonitor; *Cedrus atlantica*

## *Cedrus atlantica*'da Organ, Yaş Aralığı ve Yöne Bağlı Al ve Fe Değişimleri

**Öz:** Günümüzün en kritik sorunlarından biri olan çevre kirliliği bileşenleri arasında hava kirliliği ve özellikle endüstriyel faaliyetlerle salınımı artan ağır metal (HM) kirliliği büyük önem taşımaktadır. Atmosferdeki HM konsantrasyonlarında zaman içinde meydana gelen farklılıkları taramanın en etkili yöntemlerinden biri, yıllık ağaç halkalarının biyomonitör olarak kullanılmasıdır. Bu çalışmada, Kastamonu ilinde 2019 yılı sonunda kesilen *Cedrus atlantica* ağacının yıllık halkalarında en yaygın ağır metaller olan Fe ve Al konsantrasyonlarındaki bitki organı, yaşına ve doğrultusuna bağlı olarak değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre tesisteki Fe elementinin konsantrasyonu trafikten kaynaklanmazken, Al konsantrasyonu trafik nedeniyle artarak havadan tesise girmektedir. Çalışma sonuçları *Cedrus atlantica* ağacında her iki elementin de aktarılabilirliğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır Metal; Biyomonitör; *Cedrus atlantica*

**Citation:** Savaş, D.S. and Şevik, H. Al and Fe Changes in *Cedrus atlantica* Depending on Organ, Age Range, and Direction. Journal of GreenTech 2024, 2(1): 9-15. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11097791>.

Received: 11.12.2023  
Revised: 23.04.2024  
Accepted: 26.04.2024  
Published: 30.06.2024



**Copyright:** © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

Today, environmental pollution is one of the biggest crises around the world. The instantaneous increase in population with the industrial revolution, integrated with migration from rural to metropolitan areas, has induced a significant increase in population density in metropolitan areas (Kilicoglu et al., 2021; Şen et al., 2018). While approximately 9% of the world's population, which was around 700 million in the 1900s, lived in metropolitan areas, today, roughly 56% of the world's population lives in urban areas, and it is estimated that this rate may reach 90% by 2030 (Cetin et al., 2023). The urbanization trouble is shown as one of the irreversible crises that the world has to deal with today (Dogan et al., 2022).

Rapid population growth and urbanization bring with them many problems. One of the most critical negativities is undoubtedly environmental dirtiness (Canturk, 2023; El-sunousi et al., 2021; Key, Kulaç, et al., 2023). This process has resulted in pollution of air (Ateya, Bayraktar, & Koc, 2023; Ateya, Bayraktar, & Koç, 2023), water (Ucun Ozel et al., 2020; Xue et al., 2022), and soil (K. Isinkaralar et al., 2023; Istanbulu et al., 2023; Li et al., 2022) due to the release of various contaminants used as raw materials in the industry. In particular, air contamination has reached such severe levels that, according to the WHO (World Health Organization), about 90% of the population inhales contaminated air (Key, Kulaç, et al., 2023), and air contamination causes the death of roughly 7 million people every year (Ghoma et al., 2022). In fact, as a result of studies, air contamination is shown to be the foremost cause of global warming (Tekin et al., 2022). Global climate change (Key, Kulac, et al., 2023; Koç, 2022b) and urbanization, which are stated to occur as a result of the change in the composition of the atmosphere, are considered to be the most significant problems on a global scale (Dogan et al., 2022). These problems are related to environmental pollution, especially air contamination (Key, Kulaç, et al., 2023; Koc et al., 2024).

HMs are of specific importance among air contamination factors. HMs do not break down or disappear quickly in nature. HMs tend to bioaccumulate in living bodies, and some have lethal or carcinogenic outcomes even at lower concentrations (Kuzmina et al., 2022). Even HMs, which serve as micronutrients for living things, can have toxic effects on humans at higher concentrations (Çobanoğlu et al., 2022; Elajail et al., 2022; Koç et al., 2022). Therefore, watching HM concentrations in the atmosphere is of great significance.

The most effectively used method for screening HM pollution in the atmosphere is biomonitors. Live plants used as biomonitors can accumulate HMs in various organs, and defining the HM concentration in these organs provides essential evidence about the concentration of HMs in the atmosphere. HMs collected in the annual rings of trees over an extended span can provide us essential details about air contamination history. Reports on the usability of annual rings of plants as biomonitors have been conducted for a while (Cesur et al., 2022; Cobanoglu et al., 2023).

Within the scope of this study, the changes of iron (Fe) and aluminum (Al), which are the most common HMs, in the annual rings of a Cedar tree (*Cedrus atlantica*) growing in Kastamonu, Türkiye, were determined based on year, direction, and organ.

## 2. Experimental

This study was conducted on Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) samples acquired from the Kastamonu urban center. Samples were obtained from the log taken from the main trunk in late autumn 2019 within the study scope. The site where the tree from which the samples subject to the study were taken occurs is located along the busiest street in terms of traffic density, which specifies entrance to the city midpoint. To the east of this park is the main street, where traffic density is relatively high, and to the north is the main road, with low-density traffic. The location of Kastamonu province is shown in Figure 1.



**Figure 1.** Location of study site, Kastamonu, Türkiye.

A log sample approximately 10 cm thick was taken from the cedar tree trunk about 50-cm from the soil level, with the north direction marked on the log. The upper surface of the taken log was sanded smooth in the laboratory to make the annual rings more clearly visible. The annual rings of the Cedar tree, determined to be 33 years old, are grouped from 1 to 11, from inside to outside, for three years, considering their width.

After the wood part was divided into clusters and age series were defined, examples were obtained from the outer bark, inner bark, and wood of each age category with the help of a steel-tipped drill and positioned in glass petri dishes. The wood examples taken were shredded and turned into sawdust. First, drying and then pre-burning processes were applied to the samples, and then Fe and Al concentrations were determined with the ICP-OES device. The method used in the study is one of the most frequently used techniques in HM analysis in the recent past (Arıcak et al., 2019; Erdem et al., 2023; K. Isinkaralar, Koç, et al., 2022; K. Isinkaralar, Koc, et al., 2022; Key, Kulaç, et al., 2023). Variance analysis was applied using the SPSS 21.0 software program to the obtained data. As a result of the variance analysis, the results were evaluated by applying the Duncan analysis for the facets that were determined to have statistically significant differences at least a 95% confidence level ( $p < 0.05$ ).

### 3. Results

The change in the concentration of Fe, one of the elements evaluated in the study, depending on the direction and organ, is displayed in Table 1.

**Table 1.** Change of Fe element depending on direction and organ.

Organ	Directions				Fvalue
	South	West	North	East	
Outer Bark	79722.5B	45220.3Cb	82776.5A	55844.3Cb	1156.2***
Inner Bark	58145.4A	32981.3Bab	60372.8D	40729.9Cab	17793.0***
Wood	38439.0B	21803.4Aa	39911.5B	26925.9ABa	2.8*
Fvalue	1.462 ns	8.635**	2.698 ns	6.144**	

\* Different letters following each other signify the statistical alteration at  $p < 0.05$ . Capital letters signify horizontal way while lowercase letters vertical direction. ns: not significant; \* $< 0.05$ ; \*\* $< 0.01$ ; \*\*\* $< 0.001$ . These descriptions are also valid for all Tables.

When the table values demonstrating the Fe element change are tested, the change in direction based on the variance analysis results differs statistically significantly. The peak Fe value of the outer bark part is obtained in the east direction (117634.1 ppm), the highest values of the inner bark and wood parts are found in the north (109790.2 ppm and 39911.5 ppm), while the lowest values are found in the outer bark part in the north. (24624.0 ppm), in the inner bark part in the south direction (31453.2 ppm) and the wood part in the west (21803.4 ppm). The change of Fe concentration in wood depending on the direction and age category is displayed in Table 2.

**Table 2.** Fe concentration changes in wood depending on age category and direction

Age category	Directions				F value
	South	West	North	East	
1987–1989	51822.8Df	13208.0Ab	28224.4Cd	24476.8Ef	8623.6***
1990–1992	176629.1Dg	16621.2Be	11462.2Aa	26685.3Ch	2819.3***
1993–1995	16601.9Bab	20487.3Dg	10757.8Aa	19901.0Cc	2368.4***
1996–1998	26404.4Cd	26540.0Cj	8740.8Aa	25989.6Bg	6590.7***
1999–2001	15126.0Ea	9687.2Aa	17094.6Eb	21340.5Ce	15.4**
2002–2004	16987.0Aab	18763.5Ef	20446.9Cbc	20559.7Cd	17.2**
2005–2007	17987.5Cbc	15123.6Ed	23770.6Dc	9255.3Aa	1432.0***
2008–2010	18364.2Abc	48784.4Ek	50687.6Ee	16855.0Ab	570.6***
2011–2013	20531.0Ac	31386.4Ej	70358.6Cf	20854.1Ade	586.2***
2014–2016	24999.8Ed	14378.8Ac	75798.0Dg	40571.0Cj	3438.3***
2017–2019	37375.4Ee	24857.2Ah	121685.4Dh	69696.5Cj	935.8***
F value	2734.6***	6269.0***	667.9***	5343.5***	

<sup>†</sup> Different letters following each other signify the statistical alteration at  $p < 0.05$ . Capital letters signify horizontal way while lowercase letters vertical direction. ns: not significant; \* $< 0.05$ ; \*\* $< 0.01$ ; \*\*\* $< 0.001$ . These descriptions are also valid for all Tables.

When the change of the Fe element in wood is examined, the change based on age in all directions and directions in all age categories is statistically significant. Looking at the table values, out of 11 age categories, 4 of the lowest values were achieved in the west and 3 in the other directions. The difference in the Al element concentration evaluated in the study depending on the direction and organ is displayed in Table 3.

**Table 3.** Change of the element Al depending on direction and organ.

Organ	Directions				F value
	South	West	North	East	
Outer Bark	19522.0Bc	17385.4Ac	16133.4Dc	20367.3Cb	43899.0***
Inner Bark	14238.3Ab	12680.0Bb	11766.9Cb	14854.8Dab	9895.2***
Wood	9412.7a	8382.5a	7778.9a	9820.3a	1.9ns
F value	31.681***	13.653***	22.108***	5.536**	

<sup>†</sup> Different letters following each other signify the statistical alteration at  $p < 0.05$ . Capital letters signify horizontal way while lowercase letters vertical direction. ns: not significant; \* $< 0.05$ ; \*\* $< 0.01$ ; \*\*\* $< 0.001$ . These descriptions are also valid for all Tables.

When the change of Al concentration on an organ basis is examined, it is listed as outer bark > inner bark > wood in all directions. While there was no statistically significant difference between the directions in the wood part, the highest values in the barks were obtained in the north and east directions. The change of Al concentration in wood depending on the direction and age category is displayed in Table 4.

**Table 4.** Change of Al element in wood depending on age category and direction.

Age category	Directions				F value
	South	West	North	East	
1987–1989	6704.3Eb	6663.0Bc	6118.3Ab	8135.4Ce	539.0***
1990–1992	14298.8Dj	5859.0Ab	6904.3Eb	8976.8Cf	1156.4***
1993–1995	8525.8Be	15775.2Dj	4803.5Aa	13489.0Cj	5796.5***
1996–1998	10084.8Cg	10897.6Ch	4757.0Aa	7053.7Ed	40.5***
1999–2001	5732.7Ca	3244.0Aa	6143.2Dc	3596.0Ea	284.2***
2002–2004	7531.6Cc	6682.2Bc	7886.1Dc	5752.2Ab	4359.8***
2005–2007	7985.8Ed	10052.6Df	8529.2Ccd	5863.2Abc	754.1***
2008–2010	9525.0Df	6476.7Bc	8758.6Cd	6032.8Ac	1019.4***
2011–2013	10123.3Eg	10578.2Cg	8962.8Ade	10171.2Eg	84.7***
2014–2016	11196.8Ch	7035.7Ad	9648.0Ee	12902.1Dh	710.7***
2017–2019	11830.8Ej	8943.9Ae	13056.8Cf	26050.8Dj	7291.8***
F value	723.1***	2432.1***	80.4***	6548.0***	

<sup>†</sup> Different letters following each other signify the statistical alteration at  $p < 0.05$ . Capital letters signify horizontal way while lowercase letters vertical direction. ns: not significant; \* $< 0.05$ ; \*\* $< 0.01$ ; \*\*\* $< 0.001$ . These descriptions are also valid for all Tables.

When the table values are examined, the age category in all directions and the change in direction in all age categories are statistically significant. Another striking result in the table is that although there is a difference of nearly three times between neighboring woods, there are no sharp differences between the values.

#### 4. Discussion and Conclusions

As a consequence, it was found that Fe and Al elements changed significantly on an organ basis. The highest values in all aspects of the Al element were obtained in the outer bark and the lowest in the wood. At the same time, this was not the case for the Fe element. According to these results, the Fe accumulation in the barks of the species subject to the study is soil-borne, and the Al accumulation is air-borne. HMs enter the plant body directly from the soil through root cells and the air through foliages and stem (Key, Kulaç, et al., 2023). However, the concentrations obtained in the bark are much higher for many HMs. Studies have pointed out that HMs in the atmosphere stick to particulate matter (PM) and contaminate the PM with HMs. As this PM settles on plant organs, the HM concentrations in these organs increase (Cesur et al., 2022). The rough external structure of the outer bark makes it easier for PM to adhere there (Koç, 2021). Therefore, according to the study results, Al in the bark probably settles in the bark together with PM from the air, while Fe is taken from the soil.

As a consequence of the study, the topmost Al concentrations in the outer bark were obtained in the northern and eastern directions. However, there is no significant difference between the directions in Fe. There are hectic highways to the north and east of the point where the sample was taken. This result can be interpreted as Al being caused by traffic. Studies show that vehicles are one of the most significant sources of HMs (Aricak et al., 2019; Ghoma et al., 2023).

As a result of the study, it was determined that Fe and Al concentrations in wood were highly variable and that there was a several-fold difference between the concentrations obtained in neighboring wood samples. However, there is still a relatively moderate transition between values. However, in studies conducted to date, it has been determined that there are huge differences between neighboring wood samples in many HMs (Key, Kulaç, et al., 2023; Koc et al., 2024). Therefore, the study results can be interpreted as the transfer of both elements in the wood of the species subject to study, albeit limited.

The study results show that the species subject to the study can accumulate both HMs intensively. The potential of plants to absorb and accumulate HMs depends on many factors, such as organ structure, weather conditions, plant habitus, and the structure of the HM and its link with the plant (Savas et al., 2021). These factors are also linked to other factors. For example, plant physiology is shaped by genetic structure (Hrivnák et al., 2024; Sevik et al., 2012) and environmental conditions (Ertugrul et al., 2019; Koç & Nzokou, 2022b, 2022a; Sevik et al., 2019). Therefore, all features affecting tree physiology also distress the entry and accumulation of HMs into the tree, which affects plant physiology: genetic structure (Kurz et al., 2023; Sevik et al., 2016), edaphic (Yigit et al., 2023), climatic (O. Isinkaralar et al., 2024; Işınkaralar et al., 2023; Sevik et al., 2017) factors, stress factors (Cantürk et al., 2023; Halil Baris Ozel et al., 2021; Koç, 2022a; Koç & Nzokou, 2023). Thus, several of these features, directly and indirectly, distress plants' HM accumulation potential, and information about this complex mechanism is still restricted (K. Isinkaralar, Koc, et al., 2022; Sulhan et al., 2023; Varol et al., 2022).

In conclusion, the concentration of Fe element in the plant is not caused by traffic, while the concentration of Al increases due to traffic and enters the plant from the air. It is concluded that both elements can be transferred in *Cedrus atlantica* wood.

**Author Contributions:** Conceptualization, D.S. S. and H.Ş.; methodology, H.Ş.; software, D.S.S.; validation, D.S.S., and H.Ş.; formal analysis, D.S.S.; investigation, H.Ş.; resources, D.S.S.; data curation, H.Ş.; writing—original draft preparation, H.Ş.; writing—review and editing, D.S.S.; visualization, H.Ş.; supervision, H.Ş.; project administration, D.S.S.; funding acquisition, H.Ş. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

#### References

- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2019). The Change of Some Heavy Metal Concentrations in Scotch Pine (*Pinus Sylvestris*) Depending on Traffic Density, Organelle and Washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3). [https://doi.org/10.15666/aeer/1703\\_67236734](https://doi.org/10.15666/aeer/1703_67236734)
- Ateya, T. A. A., Bayraktar, O. Y., & Koc, I. (2023). Do *Picea pungens* engelm. organs be a suitable biomonitor of urban atmosphere pollution? *CERNE*, 29. <https://doi.org/10.1590/01047760202329013228>



- Ateya, T. A. A., Bayraktar, O. Y., & Koç, İ. (2023). Havadaki Metal Kirliliğinin (Ca, Mg, Mn) Tespitinde Kent Merkezindeki Mavi Ladin (*Picea pungens*) Ağacının Yaprak ve Dallarının Biyomonitör Olarak Kullanılabilirliği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2), 255–264. <https://doi.org/10.24011/barofd.1210376>
- Canturk, U. (2023). Determining the plants to be used in monitoring the change in thallium concentrations in the air. *CERNE*, 29. <https://doi.org/10.1590/01047760202329013282>
- Cantürk, U., Çobanoğlu, H., Beyazyüz, F., & Koç, İ. (2023). Investigation of Leaf Gas Exchange Parameters of Several Chestnut Population Seedlings at the End of the Growing Season. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(10), 1839–1846. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i10.1839-1846.6062>
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Cetin, M., Sevik, H., & Ozel, H. B. (2022). The Use of Cupressus arizonica as a Biomonitor of Li, Fe, and Cr Pollution in Kastamonu. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(6), 193. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05667-w>
- Cetin, M., Sevik, H., Koc, I., & Zeren Cetin, I. (2023). The change in biocomfort zones in the area of Muğla province in near future due to the global climate change scenarios. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103434. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103434>
- Çobanoğlu, H., Şevik, H., & Koç, İ. (2022). Havadaki Ca Konsantrasyonunun Tespitinde ve Trafik Yoğunluğu ile İlişkinde Yıllık Halkaların Kullanılabilirliği. *Icontech International Journal*, 6(3), 94–106. <https://doi.org/10.46291/ICONTECHvol6iss3pp94-106>
- Cobanoglu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do Annual Rings Really Reveal Cd, Ni, and Zn Pollution in the Air Related to Traffic Density? An Example of the Cedar Tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06086-1>
- Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., & Cetin, M. (2022). Determining the suitable settlement areas in Alanya with GIS-based site selection analyses. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(11), 29180–29189. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-4246-4>
- Elajail, I. S. I., Sevik, H., Ozel, H. B., & Isik, B. (2022). Examining the chemical compositions of mineral concrete agents in terms of their environmental effects. *Fresenius Environmental Bulletin*.
- Elsunousi, A. A. M., Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Ozel, H. U. (2021). Periodical and regional change of particulate matter and CO<sub>2</sub> concentration in Misurata. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(11), 707. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09478-0>
- Erdem, R., Cetin, M., Aricak, B., & Sevik, H. (2023). The Change of the Concentrations of Boron and Sodium in Some Forest Soils Depending on Plant Species. *Forestist*, 73(2), 207–212. <https://doi.org/10.5152/forestist.2022.22061>
- Ertugrul, M., Ozel, H. B., Varol, T., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Investigation of the relationship between burned areas and climate factors in large forest fires in the Çanakkale region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(12), 737. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7946-6>
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(3), 415–424. <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01146-z>
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Comparison of the rate of certain trace metals accumulation in indoor plants for smoking and non-smoking areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(30), 75768–75776. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27790-9>
- Halil Baris Ozel, Hande Nur Varol, & Hakan Sevik. (2021). Change of Mg concentration in several plants depending on plant species, washing status, and traffic density. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(1), 447–453. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.1.0551>
- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., Goginashvili, N., Paule, J., & Gömöry, D. (2024). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato? *European Journal of Forest Research*, 143(2), 451–464. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01634-0>
- Isinkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., & Sevik, H. (2022). Atmospheric Cd, Cr, and Zn Deposition in Several Landscape Plants in Mersin, Türkiye. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 120. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05607-8>
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Sevik, H., & Küçük, Ö. (2024). Spatial modeling the climate change risk of river basins via climate classification: a scenario-based prediction approach for Türkiye. *Natural Hazards*, 120(1), 511–528. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06220-6>
- Istanbulu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial Distribution of Heavy Metal Contamination in Road Dust Samples from an Urban Environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 110(4), 78. <https://doi.org/10.1007/s00128-023-03720-w>
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2023). Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce, Türkiye. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04399-z>
- Isinkaralar, K., Koç, İ., Kuzmina, N. A., Menshchikov, S. L., Erdem, R., & Aricak, B. (2022). Determination of heavy metal levels using *Betula pendula* Roth. under various soil contamination in Southern Urals, Russia. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(12), 12593–12604. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04586-x>
- Işınkaralar, Ö., Işınkaralar, K., Şevik, H., & Küçük, Ö. (2023). Bio-climatic Comfort and Climate Change Nexus: A Case Study in Burdur Basin. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 23(3), 241–249. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1394916>
- Key, K., Kulac, S., Koc, İ., & Sevik, H. (2023). Climate Change Effect on Potential Distribution of Anatolian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in the Upcoming Century in Türkiye. *Forestist*, 73(3), 247–256. <https://doi.org/10.5152/forestist.2023.22065>
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2023). Proof of concept to characterize historical heavy-metal concentrations in atmosphere in North Turkey: determining the variations of Ni, Co, and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L. (Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(10), 120. <https://doi.org/10.1007/s11738-023-03608-6>
- Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., & Sevik, H. (2021). Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 143(1–2), 379–388. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2>
- Koç, İ. (2021). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35880–35886. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13272-3>

- Koç, İ. (2022a). Comparison of the Gas Exchange Parameters of Two Maple Species (*Acer negundo* and *Acer pseudoplatanus*) Seedlings under Drought Stress. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(1), 65–76. <https://doi.org/10.24011/barofd.1056512>
- Koç, İ. (2022b). Determining the Near-Future Biocomfort Zones in Samsun Province by the Global Climate Change Scenarios. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 181–192. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1179080>
- Koç, İ., Canturk, U., & Çobanoğlu, H. (2022). Changes of Plant Nutrients K and Mg in Several Plants Based on Traffic Density and Organs. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*. <https://doi.org/10.55385/kastamonujes.1090354>
- Koc, I., Cobanoğlu, H., Canturk, U., Key, K., Kulac, S., & Sevik, H. (2024). Change of Cr concentration from past to present in areas with elevated air pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(2), 2059–2070. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05239-3>
- Koç, İ., & Nzokou, P. (2022a). Do Various Conifers Respond Differently to Water Stress? A Comparative Study of White Pine, Concolor and Balsam Fir. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1–16. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1095703>
- Koç, İ., & Nzokou, P. (2022b). Gas exchange parameters of 8-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. seedlings under different irrigation regimes. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(12), 2421–2429. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i12.2421-2429.5438>
- Koç, İ., & Nzokou, P. (2023). Combined effects of water stress and fertilization on the morphology and gas exchange parameters of 3-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(3), 49. <https://doi.org/10.1007/s11738-023-03529-4>
- Kurz, M., Kölz, A., Gorges, J., Pablo Carmona, B., Brang, P., Vitasse, Y., Kohler, M., Rezzonico, F., Smits, T. H. M., Bauhus, J., Rudow, A., Kim Hansen, O., Vatanparast, M., Sevik, H., Zhelev, P., Gömöry, D., Paule, L., Sperisen, C., & Csilléry, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech – Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120801>
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., Aricak, B., Onat, S. M., & Sevik, H. (2022). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density. *BioResources*, 18(1), 792–803. <https://doi.org/10.15376/biores.18.1.792-803>
- Li, F., Yang, H., Ayyamperumal, R., & Liu, Y. (2022). Pollution, sources, and human health risk assessment of heavy metals in urban areas around industrialization and urbanization-Northwest China. *Chemosphere*, 308, 136396. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136396>
- Savas, D. S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(39), 55446–55453. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1>
- Şen, G., Güngör, E., & Şevik, H. (2018). Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(8), 454. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6831-z>
- Sevik, H., Cetin, M., & Kapucu, O. (2016). Effect of light on young structures of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*). *Oxidation Communications*, 39(1–11), 485–492.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Aricak, B., & Canturk, U. (2017). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish Fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *Bornmulleria-na* Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6579–6587.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3). [https://doi.org/10.15666/aeer/1703\\_59095921](https://doi.org/10.15666/aeer/1703_59095921)
- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Tur, I. (2012). Determination of Genetic Variation Between Populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf According to Some Seed Characteristics. In *Genetic Diversity in Plants*. InTech. <https://doi.org/10.5772/32884>
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, Development and Sustainability*, 25(5), 4365–4384. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02647-2>
- Tekin, O., Cetin, M., Varol, T., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Altitudinal Migration of Species of Fir (*Abies* spp.) in Adaptation to Climate Change. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(9), 385. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05851-y>
- Ucun Ozel, H., Gemici, B. T., Gemici, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2020). Application of artificial neural networks to predict the heavy metal contamination in the Bartın River. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(34), 42495–42512. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10156-w>
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1–2), 637–647. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04179-1>
- Xue, J., Wang, Q., & Zhang, M. (2022). A review of non-point source water pollution modeling for the urban–rural transitional areas of China: Research status and prospect. *Science of The Total Environment*, 826, 154146. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154146>
- Yigit, N., Öztürk, A., Sevik, H., Özel, H. B., Kshkush, F. E. R., & Işık, B. (2023). Clonal variation based on some morphological and micromorphological characteristics in the Boyabat (Sinop/Turkey) black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *BioResources*, 18(3), 4850–4865. <https://doi.org/10.15376/biores.18.3.4850-4865>

**Disclaimer/Publisher’s Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of *Journal of Green Technology and Environment*, and/or the editor(s). *Journal of Green Technology and Environment*, and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.



Research Article

# Effect of Nano Material Ratio on Some Surface Properties of Wood Polymer Nanocomposites

Alperen Kaymakcı \* 

Kastamonu University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, 37150, Kastamonu/Türkiye

\* Correspondence: akaymakci@kastamonu.edu.tr

**Abstract:** Organic materials such as agricultural wastes and forest industry wastes can be successfully used as organic fillers in polymer composite production. Wood polymer composites are generally defined as a group of materials formed by combining two or more materials in a polymer matrix. As a result of their studies to improve the performance level, researchers have determined that this situation can be eliminated by using nano materials as reinforcing reinforcement material in wood plastic composite structure. The aim of this study is to determine some surface properties of wood plastic nanocomposites reinforced with nano-sized SiO<sub>2</sub>. Four wood polymer nanocomposites containing nano SiO<sub>2</sub> at four different ratios were produced for the purpose. Surface roughness and hardness values of the wood polymer composites were determined. It was determined that the surface roughness values of wood polymer nanocomposite groups decreased as the SiO<sub>2</sub> nano material ratio increased. On the other hand, when the data on pencil hardness values were analyzed, it was determined that the pencil hardness values of wood polymer nanocomposite groups increased as the SiO<sub>2</sub> nanomaterial ratio increased.

**Keywords:** wood; polymer; nanocomposite; surface roughness; hardness

## Ahşap Polimer Nanokompozitlerin Bazı Yüzey Özellikleri Üzerine Nano Materyal Oranının Etkisi

**Citation:** Kaymakcı, A. Effect of Nano Material Ratio on Some Surface Properties of Wood Polymer Nanocomposite. Journal of GreenTech 2024, 2(1): 16-20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11176315>.

Received: 19.03.2024  
Revised: 10.05.2024  
Accepted: 14.05.2024  
Published: 30.06.2024



**Copyright:** © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Öz:** Polimer kompozit üretiminde organik dolgu maddesi olarak tarımsal atıklar ve orman endüstri atıkları gibi organik maddeler başarılı bir şekilde kullanılabilir. Ahşap polimer kompozitler genel olarak bir polimer matris içerisinde iki ya da daha fazla sayıda materyalin bir araya getirilmesiyle oluşturulan malzeme grubu olarak tanımlanmaktadır. Araştırmacılar performans düzeyinin geliştirilebilmesi için yaptıkları çalışmalar neticesinde bu durumun nano materyallerin ahşap plastik kompozit yapı içerisinde güçlendirici takviye malzemesi kullanılarak bertaraf edilebileceğini belirlemişlerdir. Bu çalışmanın amacı; nano boyutlarda SiO<sub>2</sub> ile desteklenmiş ahşap plastik nanokompozitlerin bazı yüzey özelliklerinin belirlenmesidir. Amaca yönelik dört farklı oranda nano SiO<sub>2</sub> içeren ahşap polimer nanokompozit üretilmiştir. Üretilen ahşap polimer kompozitlerin yüzey pürüzlülüğü ve sertlik değerleri belirlenmiştir. SiO<sub>2</sub> oranı arttıkça ahşap polimer nanokompozit gruplarının yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Diğer yandan sertlik değerlerine ilişkin veriler incelendiğinde, SiO<sub>2</sub> oranı arttıkça ahşap polimer nano-kompozit gruplarının sertlik değerlerinin de arttığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** ahşap; polimer; nanokompozit; yüzey pürüzlülüğü; sertlik

## 1. Introduction

As a composite term, it is a new material group formed by the combination of two or more materials. Composite materials can be divided into different subgroups according to their composition. In general, it is possible to classify composites as ceramic matrix, metal matrix and polymer matrix composites. Petroleum-based plastics are largely used in the production of polymer composites. In addition to plastics, inorganic fillers such as talc, dolomite and calcium carbonate are mostly used as filling materials in the production of polymer composites. In the polymer composite industry, alternative raw materials have been sought for reasons such as the wear that inorganic fillers cause on machine parts during production and their high costs. The fact that organic fillers can be used in high amounts, require low energy, are biodegradable and can be found all over the world has accelerated the studies in this field. Organic materials such as agricultural wastes and forest industry wastes can be used successfully as organic fillers in polymer composite production. As a result of developing technology and changing human needs, polymer-based composites have brought about some changes, as in other material groups. The change and development of technology has provided the opportunity to apply different methods and use different tools to use material groups for different purposes (Karian, 2003; Kaymakci, 2019).

The development of nanoscience and nanotechnology has enabled the use of a wider range of material groups in this regard and has led to the industry gaining a different perspective by allowing the production of high value-added products. The superior properties of nanomaterials have enabled the use of polymer composites in many applications such as food, biomedical, electroanalysis, energy storage, wastewater treatment, automotive, etc. (Autthawong et al., 2021; Taghiyari et al., 2022)

Wood polymer composites are generally referred to as a group of materials formed by combining two or more materials in a polymer matrix. Wood-based fillers used in the production of wood polymer composites not only improve performance but also reduce the price of the final product. However, the performance of polymer composites reinforced with lignocellulosic fibers within certain ratios, depending on the place of use, does not meet user demands sufficiently (Łukawski et al., 2022). As a result of their studies to improve the performance level, the researchers determined that this situation can be eliminated by using nano-materials as a reinforcing reinforcement material in the wood plastic composite structure (Rangappa et al., 2021). For this purpose, different types of natural and synthetic clays, carbon materials (nano-sized carbon black, single or multi-walled carbon nanotubes, exfoliated graphite layers, etc.), various nano-sized metals, metal salts and metal oxides, amorphous silica, polyhedral silicon compounds (silsesquioxane, etc.) and cellulose fibers can be used. Studies have focused on improving the physical, mechanical and thermal properties of nanomaterials, but studies on the change of surface properties of wood plastic nanocomposites have been limited (Ayrilmis et al., 2013; Deka & Maji, 2013; Ghasemi et al., 2012; Hemmasi et al., 2013; Kaymakci, 2016; Madhoushi et al., 2021). Therefore, the aim of this study is to determine some surface properties of wood plastic nanocomposites supported with nano-sized  $\text{SiO}_2$ .

## 2. Experimental

### 2.1. Material

Industrial pine wood flour was used as lignocellulosic filler. Pine wood flour used as filler was obtained from the sawmill factory operating in Kastamonu region. In this study, industrial 40 mesh pine wood flour was used. Polypropylene (PP) (Borealis) homopolymer was used as the polymer matrix. Details of the polymer used are given in Table 1. Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP) (Optim-425/ Pluss Polymers Pvt. Ltd) was used to eliminate the incompatibility between the plastic and the lignocellulosic filler and to increase the binding. The properties of MAPP are shown in Table 2. Silicon dioxide ( $\text{SiO}_2$ ) (Graphene Company) was used as reinforcing filler material in the study. Technical information about the reinforcing filler material is shown in Table 3.

**Table 1.** Some physical and process properties of the polymer used.

Properties	Value
Appearance	White pellet
Density	910 kg/m <sup>3</sup>
Melting flowrate (230°C/2.16 kg)	25 g/10 min
Tensile modulus	1750 MPa
Thermal melting temperature (0.45 N/mm <sup>2</sup> )	115°C
Impact resistance (Notched)	3.5 kJ/m <sup>2</sup>
Hardness, Rockwell (R-scale)	98
Melting temperature	220–206°C

**Table 2.** MAPP properties.

Properties	Value
Appearance	White transparent pellet
Melting flowrate (190°C/2.16 kg)	120 g/10 min
Density	0.91 g/cm <sup>3</sup>

**Table 3.** Some physical and technical properties of silicon dioxide.

Properties	Value
Appearance	White powder
Average particle size	800 nm
Density	2.29 g/cm <sup>3</sup>
Purity	99.8%

## 2.2. Methods

Since the raw materials used within the scope of the research, plastic, pine wood flour, reinforcing filler materials, incompatibility agent and lubricants are used as purchased from the manufacturer, the production of wood plastic nano composites is described below.

### 2.2.1. Production of wood plastic nanocomposites

The production of wood plastic nanocomposites was carried out in a single screw extruder. For this purpose, plastic, wood flour and SiO<sub>2</sub> nano materials were processed in a 30 mm single screw extruder with a length-to-diameter (L/D) ratio of 30:1. The eight-barrel temperature zones of the extruder were controlled at 175 and 190 °C. This mixture was melted in the extruder and pushed towards the outlet with the screw in the extruder. After the material coming out of the mold at the end of the extruder was cooled, it was divided into small pieces with the help of a crusher. The granules were then dried in a drying oven to a certain moisture content. The pellets obtained from here were turned into plates with the help of a press. Samples were then cut and prepared according to the relevant standards from the plates obtained in this way. The planned study in the production of wood plastic nanocomposites was carried out according to the experimental design given in Table 4.

**Table 4.** Wood plastic nano composite production design.

ID	Plastic Rate (%)	Wood Flour Rate (%)	MAPP (%)	Nano Material Rate (%)
A	50	50	3	0
B	50	50	3	2
C	50	50	3	4
D	50	50	3	6

### 2.2.2. Determination of properties of wood plastic nanocomposites

Ten samples from each wood polymer nanocomposite group reinforced with SiO<sub>2</sub> were used for surface roughness measurements. Mitutoyo SJ-301 surface roughness tester, stylus type profilometer was used for surface roughness tests. The three roughness parameters characterized by ISO 4287 (1997), namely average roughness (Ra), average hill-to-valley height (Rz) and maximum hill-to-valley height (Ry) were considered. Roughness values were measured with a precision of 0.5 µm. The measurement speed, pin diameter and pin top angle were set to 10 mm/min, 4 µm and 90° respectively. Measurements were performed at room temperature and the pin was calibrated before the tests.

Ten specimens from each group of wood polymer nanocomposites reinforced with SiO<sub>2</sub> were used for hardness measurements. A total of 40 hardness measurements were performed, four of each of the ten samples for each composite formulation type in accordance with ISO 4586-2 (2018). An Elcometer 3092 Sclerometer hardness tester was used for the pencil hardness tests. A spring (gray spring (0-3 N), red spring (1-10 N), blue spring (0-20 N) and green spring (0-30 N) were used for hardness determination. The force at which the tip leaves a mark or destroys the surface was observed by making short and straight movements while gradually increasing the load.

### 3. Results and Discussion

Data on Ra, Ry and Rz values of SiO<sub>2</sub> reinforced wood polymer nanocomposites are presented in Table 5.

**Table 5.** Surface roughness values of wood polymer nanocomposites

ID	Ra (µm)	Ry (µm)	Rz (µm)
A	1.82	12.63	8.65
B	1.75	12.32	8.37
C	1.62	11.83	7.83
D	1.55	11.34	7.23

When the values shown in Table 5 are analyzed, it was determined that the surface roughness values of the wood polymer nanocomposite groups decreased as the SiO<sub>2</sub> nanomaterial ratio increased. While the lowest surface roughness values were determined in the nanocomposite groups containing 6% nanomaterial, the highest surface roughness value was determined in the composite groups, which we express as the control group without nanomaterial. The lower surface roughness values of the wood polymer nanocomposite groups reinforced with SiO<sub>2</sub> are attributed to the nanomaterial filling the voids on the surface and filling the microcracks on the surface by acting as a filler between wood flour and polymer.

Data on the pencil hardness values of SiO<sub>2</sub> reinforced wood polymer nanocomposites are presented in Table 6.

**Table 6.** Hardness values of wood polymer nanocomposites

ID	Hardness (N)
A	5.12
B	5.98
C	6.57
D	7.32

When the data on pencil hardness values shown in Table 6 were analyzed, it was determined that the pencil hardness values of the wood polymer nanocomposite groups increased as the SiO<sub>2</sub> nanomaterial ratio increased. The highest pencil hardness values were determined in nanocomposite groups containing 6% nanomaterial, while the lowest pencil hardness values were determined in composite groups without nanomaterial. The pencil hardness value of wood polymer nanocomposites reinforced with SiO<sub>2</sub> increased by 42.97% as the SiO<sub>2</sub> value increased from 0% to 6%. This is thought to be due to the interaction of nano-sized materials with the polymer matrix, the strengthening of nanometer-scale physical and chemical connections and the increase in the hardness and strength of the nanocomposite.

### 4. Conclusions

The aim of this study is to determine some surface properties of wood plastic nanocomposites supported with nano-sized SiO<sub>2</sub>. In this context, surface roughness and pencil hardness tests were performed on wood polymer nanocomposite groups. According to the results obtained; it was determined that the surface roughness values of wood polymer nanocomposite groups decreased as the SiO<sub>2</sub> nano material ratio increased. On the other hand, when the data on pencil hardness values were analyzed, it was determined that the pencil hardness values of wood polymer nanocomposite groups increased as the SiO<sub>2</sub> nanomaterial ratio increased. In the light of the data obtained within the scope of this study, it

was determined that the use of SiO<sub>2</sub> nano material improves the surface properties of wood polymer nanocomposites.

**Funding:** This research received no external funding.

## References

- Autthawong, T., Promanan, T., Chayasombat, B., Yu, A.-S., Uosaki, K., Yamaguchi, A., Kurata, H., Chairuangsi, T., & Sarakonsri, T. (2021). Facile Synthesis Sandwich-Structured Ge/NrGO Nanocomposite as Anodes for High-Performance Lithium-Ion Batteries. *Crystals*, 11(12), 1582. <https://doi.org/10.3390/cryst11121582>
- Ayrilmis, N., Kaymakci, A., & Ozdemir, F. (2013). Physical, mechanical, and thermal properties of polypropylene composites filled with walnut shell flour. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19(3), 908–914. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2012.11.006>
- Deka, B. K., & Maji, T. K. (2013). Effect of SiO<sub>2</sub> and nanoclay on the properties of wood polymer nanocomposite. *Polymer Bulletin*, 70(2), 403–417. <https://doi.org/10.1007/s00289-012-0799-6>
- Ghasemi, I., Farsheh, A. T., & Masoomi, Z. (2012). Effects of multi-walled carbon nanotube functionalization on the morphological and mechanical properties of nanocomposite foams based on poly(vinyl chloride)/(wood flour)/ (multi-walled carbon nanotubes). *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 18(3), 161–167. <https://doi.org/10.1002/vnl.20299>
- Hemmasi, A. H., Ghasemi, I., Bazayr, B., & Samariha, A. (2013). Studying the effect of size of bagasse and nanoclay particles on mechanical properties and morphology of bagasse flour/recycled polyethylene composites. *BioResources*, 8(3), 3791–3801
- ISO 4287. (1997). Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters.
- ISO 4586. (2018). High-pressure decorative laminates (HPL, HPDL) Sheets based on thermosetting resins (usually called laminates) Part 2: Determination of properties.
- Karian, H. G. (2003). *Handbook of polypropylene and polypropylene composites* (Second Edition). Marcel Dekker.
- Kaymakci, A. (2019). Effect of titanium dioxide on some mechanical, thermal, and surface properties of wood-plastic nanocomposites. *BioResources*, 14(1), 1969–1979. <https://doi.org/10.15376/biores.14.1.1969-1979>
- Kaymakci, A. (2016). Karbon Nanotüp ile Güçlendirilen Ahşap Polimer Nanokompozitlerin Uzun Süreli Su Alma Davranışı. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(1). <https://doi.org/10.17475/kujff.20722>
- Łukawski, D., Hochmańska-Kaniewska, P., Janiszewska, D., Wróblewski, G., Patmore, J., & Lekawa-Raus, A. (2022). Enriching WPCs and NFPCs with Carbon Nanotubes and Graphene. *Polymers*, 14(4), 745. <https://doi.org/10.3390/polym14040745>
- Madhoushi, M., Malakani, A., Ebrahimi, G., & Rashidi, A. (2021). Influence of spherical-shaped carbon nanoparticles on the mechanical properties of a foamed sugarcane bagasse/polypropylene composite. *Industrial Crops and Products*, 172, 114041. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114041>
- Rangappa, M., Parameswaranpillai, J., Kumar, M. H., & Siengchin, S. (2021). *Wood Polymer Composites - Recent Advancements and Applications*. Springer.
- Taghiyari, H. R., Morrell, J. J., & Husen, A. (2022). *Emerging Nanomaterials: Opportunities and Challenges in Forestry Sectors*. Springer.

**Disclaimer/Publisher's Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of *Journal of Green Technology and Environment*, and/or the editor(s). *Journal of Green Technology and Environment*, and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.



Araştırma Makalesi

# Amazon Rosewood (*Dalbergia spruceana* Benth.) Ahşabında Ağartma Uygulamaları

Ümit Ayata<sup>1</sup>, Şerif Kaplan<sup>2</sup>, Osman Çamlıbel<sup>3</sup> ve Elif Hümeysra Bilginer<sup>4,\*</sup>

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

<sup>2</sup> Bayburt Toplum Sağlığı Merkezi, Bayburt / Türkiye

<sup>3</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, İç Mekân Tasarımı Programı, Kırıkkale / Türkiye

<sup>4</sup> KTO Karatay Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya / Türkiye

\* Sorumlu yazar: elifbilginer46@gmail.com

**Öz:** Bu çalışmada, Amazon Rosewood (*Dalbergia spruceana* Benth.) ahşabında ağartma [kimyasallar: oksalik asit ( $C_2H_2O_4$ ) ve hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) + sodyum hidroksit ( $NaOH$ )] uygulamaları yapıldıktan sonra meydana gelen bazı yüzey değişimleri [renk parametreleri, beyazlık indeksi: ( $WT^*$ ) ve parlaklık değerleri] incelenmiştir. Ağartma işlem görmüş yüzeyler ile görmemiş (kontrol) yüzeyler birbirleri ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, liflere dik yönde 20 derecede yapılan ölçümler dışında bütün testler üzerinde kimyasal türü için varyans analizlerinde anlamlı sonuçlar tespit edilmiştir.  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^o$  ve  $WT^*$  değerlerinde her iki kimyasalların ahşap malzeme yüzeylerine muamele edilmesi sonrasında artışlar görülmüştür.  $C_2H_2O_4$  kimyasalı ile  $L^*$  değerinde azalmalar ve  $a^*$  değerinde ise artışlar belirlenirken,  $H_2O_2$  +  $NaOH$  ile bu iki parametrede zıt bir durum elde edilmiştir. Her iki yönde yapılan 60 ve 85 derecelerdeki parlaklık değerlerinde de azalışlar belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** beyazlık indeksi; amazon rosewood; renk; *Dalbergia spruceana* Benth; ağartma; parlaklık

## Bleaching Applications on Amazon Rosewood (*Dalbergia spruceana* Benth.) Wood

**Abstract:** In this study, some surface changes [color parameters, whiteness index: ( $WT^*$ ) and glossiness values] occurring after bleaching treatments [chemicals: oxalic acid ( $C_2H_2O_4$ ) and hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) + sodium hydroxide ( $NaOH$ )] on Amazon Rosewood (*Dalbergia spruceana* Benth.) wood were examined. The bleached surfaces were compared with unbleached (control) surfaces. According to the obtained results, significant results were found in variance analyses for all tests except measurements made at 20 degrees' perpendicular to the fibers for the chemical type. Increases were observed in  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^o$ , and  $WT^*$  values after treating the wood material surfaces with both chemicals. While decreases in  $L^*$  value and increases in  $a^*$  value was determined with the  $C_2H_2O_4$  chemical, the opposite situation was obtained with  $H_2O_2$  +  $NaOH$  for these two parameters. Decreases were also determined in glossiness values at 60 and 85 degrees in both directions.

**Keywords:** whiteness index; amazon rosewood; color; *Dalbergia spruceana* Benth; bleaching; glossiness

**Atıf:** Ayata, Ü., Kaplan, Ş., Çamlıbel, O. ve Bilginer, E.H. Amazon Rosewood (*Dalbergia spruceana* Benth.) Ahşabında Ağartma Uygulamaları. Journal of GreenTech 2024, 2(1): 21-28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1176375>.

Geliş: 10.04.2024

Revizyon: 08.05.2024

Kabul: 16.05.2024

Yayın: 30.06.2024



**Copyright:** © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



## 1. Giriş

Bir tür yenilenebilir ve çevre dostu doğal polimer malzeme olarak ahşap, insanların giderek daha fazla ilgisini çekmekte olup, güçlü mekanik özellikler, iyi şekillendirilebilirlik, yüksek mukavemet-ağırlık oranı ve doğal doku yapısı gibi benzersiz doğal özellikleri nedeniyle binalar ve mobilyalar için bir yapı malzemesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Yuan ve ark., 2019).

Ahşap yüzeyinde istenilen rengi elde etmek ve başka bir renk uygulamasından önce ahşabı temizlemek için ağartma da kaçınılmaz bir seçenektir (Panigrahi ve ark., 2021).

Günümüzde ahşap malzemenin ağartılması işlemlerinde çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları oksalik asit ( $C_2H_2O_4$ ), sodyum hidroksit (NaOH) ve hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ )'tir.

$C_2H_2O_4$  temel bir kimyasal bileşik olarak çeşitli endüstrilerde hayati önem taşır. Beyazlatma, mermer cilalama, pas giderme ve metal yüzeylerin temizliği gibi geniş uygulama alanları bulur, bu da demir oksitlerini çözme yeteneği sayesinde (Panias ve 1997; Lee ve ark., 2007; Al Ebraheem ve ark., 2024).

$H_2O_2$ , acı bir tada sahip, renksiz bir sıvıdır ve suyla oldukça çözünür, asidik bir çözelti verir.  $H_2O_2$ , tekstil, selüloz hamuru, saç, kürk ve gıda gibi birçok endüstriyel uygulamada oksitleyici bir madde olarak kullanılır, ayrıca su ve atık suyun arıtılması, tohum dezenfektanı olarak ve şarap damıtımında nötralize edici madde olarak da kullanılır. Düşük konsantrasyonlarda  $H_2O_2$ , yağmur ve yüzey sularında, insan ve bitki dokularında, gıdalarda ve içeceklerde ve bakterilerde bulunmuştur (Anonim, 1999; Tredwin ve ark., 2006).

NaOH, lignini çıkarma yeteneği ile iyi bilinir (Boon ve ark., 2017). NaOH çözeltisi ağır iş temizleyicisidir ve toz, yağ ve kir gibi kauçuk parçacıklarını temizleyebilir (Khorrami ve ark., 2010).

Renk koordinatlarının  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ 'den oluştuğu görülebilir.  $a^*$ 'nin pozitif ve negatif değerleri sırasıyla kırmızımsı ve yeşilimsi renkleri temsil eder.  $b^*$ 'nin pozitif ve negatif değerleri sırasıyla sarımsı ve mavimsi renkleri temsil eder. Kutupsal koordinatlar için renk tonu açısı, kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve tekrar kırmızıya uzanan bir gökkuşağı ölçeğini takiben 0 ile 360 arasında değişir. 0, 90, 180 ve 270 saf kırmızı, sarı, yeşil ve mavi renklere. Kroma, kroma sıfır olan nötr eksenin sıfır başlangıç noktasından başlar ve daha sonra renk içeriğini artırarak daha renkli hale gelir (Luo, 2016).

Parlaklık, yüzeye gelen ışık huzmesini farklı yönlerde yansıtır. Bu yansıyan ışığın şiddeti cihazlar tarafından farklı açılardan ölçülür ve parlaklık değeri belirlenir. Işığın yoğunluğu, farklı yönlerde yansıyan ışığın miktarına göre değişir. Parlaklık değeri ve buna bağlı olarak sınıf da ölçülen açıya göre değişir (Leloup ve ark., 2019).

Literatürde çeşitli ağaç türleri üzerinde ağartma uygulamalarının yapıldığı görülmektedir [maritime çamı (Mehats ve ark., 2021), izombé (Peker ve ark., 2023c), olon (Peker ve Ayata, 2023), huş (*Betula*) (Liu ve ark., 2015), bulletwood (Peker ve ark., 2023a), satinwood ceylon (Ayata ve Çamlıbel, 2023), movingui (Peker ve ark., 2023b), ilomba (Ayata ve Bal (2023), bambu (Nguyen ve ark., 2019), lotofa (Peker, 2023b), balau red (*Shorea guiso*) (Peker ve ark., 2024), canelo (Peker, 2023a), siğilli huş (Mononen ve ark., 2005), ıhlamur (Çamlıbel ve Ayata, 2023a), cocobolo (Çamlıbel ve Ayata, 2024b), okoumé (Çamlıbel ve Ayata, 2024a), basralocus (Ayata ve Bal, 2024), yalancı akasya (Peker ve Ulusoy, 2023), huş (Yamamoto ve ark., 2017) ve ekop (Çamlıbel ve Ayata, 2023b)]. Bu ağartma çalışmalarında meydana gelen bazı yüzey değişimleri açıklanmıştır. Ancak, literatürde Amazon rosewood (*Dalbergia spruceana* Benth.) ahşabı üzerinde herhangi bir ağartma uygulamasının yapılmadığı görülmüştür. Bu ağaç türü hakkında kısaca bilgi vermek gerekirse;

*Dalbergia*, *Leguminosae-Papilionoideae* familyasına ait pantropikal bir cinstir ve yaklaşık olarak 250 türü kapsadığı bildirilmiştir (Klitgaard ve Lavin, 2005). Amazon rosewood (*Dalbergia spruceana* Benth.) yarı dökmeyen ormanların ikincil bitki örtüsünün bir bileşeni olup, campinarana alanlarında, kuru toprak ormanlarında ve Amazon savanlarında bulunur (Carvalho, 1997; Lima ve ark., 2023).

Bu ağaç orta ila hızlı büyüme hızına sahip ve kolayca üretilebilen bir tür olduğu için ağaçlandırma ve orman restorasyon programları için önerilir (Gama ve Pinheiro, 2010). Bu bitki, nemli tropiklerin bir bitkisidir ve genellikle deniz seviyesinden 200 ila 1.200 metre yükseklikte bulunur. Bu cinsin türleri genellikle vahşi ortamlarda kumlu topraklarda ve kireçtaşı yamaçlarında yetişir. Yetiştirildiklerinde, verimli, killi toprak ve tam güneşte bir konuda iyi gelişme gösterme eğilimindedirler (Huxley ve Griffiths, 1992).

Genellikle Amazon gül ağacı, jacarandá do Pará, facheiro ve timbó pau olarak bilinir ve Amazon Ormanı'na özgüdür; Brezilya'nın Amazonas, Amapá, Acre, Rondônia ve Pará eyaletlerinde bulunur. 10 metreye kadar büyüeyebilen küçük ila orta büyüklükte bir ağaçtır. Ekonomik potansiyeli, sertliği, ağırlığı ve dayanıklılığı nedeniyle mobilya ve dekoratif objelerin imalatında çekici bir üst yüzey işlemine sahip bir malzeme sunar (Souza, 2012; Lima ve ark., 2023). Buna ek olarak, ahşabı, ince ve homojen dokulu; düz taneli, sıkı, sert, ağır ve dayanıklıdır (Uphof, 1959).

Bu çalışmada, Amazon Rosewood (*Dalbergia spruceana* Benth.) ahşabında ağartma uygulamaları yapıldıktan sonra meydana gelen bazı yüzey değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile bu ağaç türüne ait kullanım alanları açısından yeni bir kullanım yerinin oluşması ve ağaç türü hakkında önemli bilgilerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

## 2. Deneysel Çalışmalar

### 2.1. Ahşap Malzeme

100 x 100 x 18 mm boyutlarında Amazon rosewood (*Dalbergia spruceana* Benth.) deney örnekleri üzerinde  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  ile %65 bağıl nemde olacak şekilde iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (ISO 554, 1976). Ahşap malzeme yüzeyleri 80, 120 ve 150 numaralı zımparalar ile zımparalanmıştır.

### 2.2. Ağartma Kimyasalları

Araştırmada, tek komponentli [oksalik asit ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ ): sıvı, renksiz, kokusuz, pH değeri  $2.0 \pm 0.5$ ] ve çift komponentli [pH değeri 7, sıvı, kokusuz, renksiz, çözünür, seyreltici maddesi su, hidrojen peroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ): A bileşeni ve sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ ): B bileşeni, 2:1 oranında] kimyasallar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kimyasallar özel bir şirketten sıvı halde satın alınma yolu ile temin edilmiş olup, firma önerileri doğrultusunda hazırlanmıştır.

### 2.3. Ağartma Uygulamasının Yapılması

Sürme tekniği ile bu kimyasallar ahşap malzeme yüzeylerine bir sünger yardımıyla tek kat olarak uygulanmıştır.

### 2.4. Uygulanan Testler

Parlaklık testleri ETB-0833 model gloss meter cihazında üç farklı açılarda ( $20^\circ$ ,  $60^\circ$  ve  $85^\circ$ ) liflere dik ve paralel yönlerde olacak şekilde (ISO 2813, 1994), shore D sertlik değeri shore meter cihazında (ASTM D 2240 2010), Whiteness Meter BDY-1 cihazı ile beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerleri liflere paralel ve dik yönlerde (ASTM E313-15e1, 2015) ve renk özellikleri, CS-10 (ASTM D 2244-3, 2007) cihazı ile ölçülmüştür. Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıkları belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - C^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - a^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - L^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - b^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Literatürde  $\Delta C^*$ : kroma kısmı veya doygunluk farkı ve  $\Delta H^*$ : ton bölümü veya gölge farkı olarak tanımlanmıştır, ayrıca diğer parametrelere ait tanımlamalarda Tablo 1'de (Lange, 1999) ve  $\Delta E^*$  renk farkının görsel değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979) Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo1.**  $\Delta a^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999).

Parametre	Pozitif durumda	Negatif durumda
$\Delta L^*$	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
$\Delta a^*$	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
$\Delta b^*$	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi
$\Delta C^*$	Referanstan daha net, daha parlak	Mat, referanstan daha bulanık

\* $\Delta C^*$ : kroma kısmı veya doygunluk farkı ve  $\Delta H^*$ : ton bölümü veya gölge farkı.

**Tablo2.**  $\Delta E^*$  değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN5033, 1979).

Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ )	Görsel renk puanı farkı
<0.2	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	Zayıf
1.5 ila 3.0	Belirgin
3.0 ila 6.0	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	Güçlü
> 12.0	Çok güçlü

## 2.5. İstatistiksel Analiz

Bir istatistik programı ile maksimum ve minimum değerleri, standart sapmaları, homojenlik grupları, ortalamalar, varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları belirlenmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Renk parametrelerine, parlaklık değerlerine ve beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait olan varyans analizi sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, ağartma kimyasalı türü 20 derecede liflere dik yöndeki parlaklık testi anlamsız olarak tespit edilirken, diğer bütün testler üzerinde anlamlı olarak elde edildiği görülmüştür (Tablo 3).

**Tablo3.** Renk parametrelerine, parlaklık değerlerine ve beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait olan varyans analizi sonuçları.

Test	Kareler toplam	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	$\alpha \leq 0.05$
Işıktılık ( $L^*$ )	792.848	2	396.424	712.375	0.000*
Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	153.964	2	76.982	670.973	0.000*
Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	215.271	2	107.636	750.543	0.000*
Kroma ( $C^*$ )	83.537	2	41.769	229.588	0.000*
Ton ( $H^*$ ) açısı	2472.398	2	1236.199	1893.223	0.000*
$\perp 20^\circ$ 'de parlaklık	0.003	2	0.001	2.250	0.125**
$\perp 60^\circ$ 'de parlaklık	1.283	2	0.641	113.921	0.000*
$\perp 85^\circ$ 'de parlaklık	2.904	2	1.452	1633.500	0.000*
$\parallel 20^\circ$ 'de parlaklık	0.024	2	0.012	13.500	0.000*
$\parallel 60^\circ$ 'de parlaklık	1.352	2	0.676	60.840	0.000*
$\parallel 85^\circ$ 'de parlaklık	54.168	2	27.084	362.014	0.000*

\* anlamlı, \*\* anlamsız

Renk parametrelerine, parlaklık değerlerine ve beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait olan ölçüm sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

$L^*$  için en yüksek sonuç  $H_2O_2 + NaOH$  çözeltisi uygulanmış örneklerde (54.48) bulunurken, en düşük sonuç ise  $C_2H_2O_4$  çözeltisi ile işlem görmüş deney örnekleri üzerinde (42.46) belirlenmiştir.  $L^*$  değerinde  $C_2H_2O_4$  ile %6.08 oranında azalış görülürken,  $H_2O_2 + NaOH$  ile %20.50 oranında artış tespit edilmiştir (Tablo 4).

$a^*$  değerinde en düşük sonuç  $H_2O_2 + NaOH$  çözeltisi uygulanmış örneklerinde (5.29) görülürken, en yüksek sonuç ise  $C_2H_2O_4$  çözeltisi ile işlem görmüş deney örneklerinde (10.38) elde edilmiştir.  $a^*$  parametresinde  $C_2H_2O_4$  ile %6.08 oranında artış elde edilirken,  $H_2O_2 + NaOH$  ile %45.74 oranında azalış bulunmuştur (Tablo 4).

$b^*$  değerinde en düşük sonuç ağartma işlemi olmayan örnekler üzerinde (14.08) belirlenirken, en yüksek sonuç ise  $H_2O_2 + NaOH$  çözeltisi uygulanmış örneklerinde (20.54) tespit

edilmiştir.  $b^*$  değerinde  $C_2H_2O_4$  ile %15.84 ve  $H_2O_2 + NaOH$  ile %45.88 oranlarında artışlar elde edilmiştir (Tablo 4).

$C^*$  parametresinde ise en yüksek sonuç  $H_2O_2 + NaOH$  çözeltisi uygulanmış örneklerde (21.21) belirlenirken, en düşük sonuç ağartma işlem görmemiş deney örnekleri üzerinde (17.13) bulunmuştur.  $C^*$  değerinde  $C_2H_2O_4$  ve  $H_2O_2 + NaOH$  kimyasalları ile sırasıyla %12.84 ve %23.82 oranlarında artışlar elde edilmiştir (Tablo 4).

$h^o$  değeri için en yüksek sonuç  $H_2O_2 + NaOH$  çözeltisi uygulanmış örnekler üzerinde (75.57) bulunurken, en düşük sonuç ağartma işlem görmemiş deney örneklerinde (57.54) elde edilmiştir.  $h^o$  parametresinde  $C_2H_2O_4$  ve  $H_2O_2 + NaOH$  kimyasallarının ahşap malzeme yüzeyine uygulanması ile sırasıyla %4.09 ve %36.70 oranlarında artışlar görmüştür (Tablo 4).

**Tablo 4** Renk parametrelerine, parlaklık değerlerine ve beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait olan ölçüm sonuçları.

Test	Balmumu uygulaması	Öçümsayı	Ortalama	Değişim(%)	Homjenlik grubu	Standart sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon katsayısı
$L^*$	Ağartılmamış	10	45.21	-	B	0.69	44.13	46.09	1.53
	$C_2H_2O_4$	10	42.46	↓6.08	$C^{**}$	0.49	41.62	43.35	1.16
	$H_2O_2 + NaOH$	10	54.48	↑20.50	$A^*$	0.97	53.23	56.64	1.78
$a^*$	Ağartılmamış	10	9.75	-	B	0.21	9.41	10.00	2.13
	$C_2H_2O_4$	10	10.38	↑6.46	$A^*$	0.40	9.92	11.12	3.89
	$H_2O_2 + NaOH$	10	5.29	↓45.74	$C^{**}$	0.37	4.73	5.98	7.03
$b^*$	Ağartılmamış	10	14.08	-	$C^{**}$	0.39	13.39	14.62	2.75
	$C_2H_2O_4$	10	16.31	↑15.84	B	0.30	15.86	16.80	1.83
	$H_2O_2 + NaOH$	10	20.54	↑45.88	$A^*$	0.44	20.12	21.54	2.13
$C^*$	Ağartılmamış	10	17.13	-	$C^{**}$	0.40	16.54	17.70	2.36
	$C_2H_2O_4$	10	19.33	↑12.84	B	0.37	18.71	19.91	1.90
	$H_2O_2 + NaOH$	10	21.21	↑23.82	$A^*$	0.50	20.69	22.29	2.35
$h^o$	Ağartılmamış	10	55.28	-	$C^{**}$	0.57	54.06	55.93	1.04
	$C_2H_2O_4$	10	57.54	↑4.09	B	1.01	55.69	59.16	1.75
	$H_2O_2 + NaOH$	10	75.57	↑36.70	$A^*$	0.78	74.13	76.93	1.03
$\perp 20^\circ$	Ağartılmamış	10	0.10	-	$A^{**}$	0.00	0.10	0.10	0.00
	$C_2H_2O_4$	10	0.10	0.00	$A^{**}$	0.00	0.10	0.10	0.00
	$H_2O_2 + NaOH$	10	0.12	↑20.00	$A^*$	0.04	0.10	0.20	35.14
$\perp 60^\circ$	Ağartılmamış	10	1.32	-	$A^*$	0.10	1.20	1.50	7.82
	$C_2H_2O_4$	10	0.82	↓37.88	$C^{**}$	0.04	0.80	0.90	5.14
	$H_2O_2 + NaOH$	10	1.00	↓24.24	B	0.07	0.90	1.10	6.67
$\perp 85^\circ$	Ağartılmamış	10	0.76	-	$A^*$	0.05	0.70	0.80	6.79
	$C_2H_2O_4$	10	0.10	↓86.84	$B^{**}$	0.00	0.10	0.10	0.00
	$H_2O_2 + NaOH$	10	0.10	↓86.84	$B^{**}$	0.00	0.10	0.10	0.00
$\parallel 20^\circ$	Ağartılmamış	10	0.10	-	$B^{**}$	0.00	0.10	0.10	0.00
	$C_2H_2O_4$	10	0.10	0.00	$B^{**}$	0.00	0.10	0.10	0.00
	$H_2O_2 + NaOH$	10	0.16	↑60.00	$A^*$	0.05	0.10	0.20	32.27
$\parallel 60^\circ$	Ağartılmamış	10	1.64	-	$A^*$	0.18	1.20	1.80	10.83
	$C_2H_2O_4$	10	1.18	↓28.05	$B^{**}$	0.04	1.10	1.20	3.57
	$H_2O_2 + NaOH$	10	1.20	↓26.83	B	0.00	1.20	1.20	0.00
$\parallel 85^\circ$	Ağartılmamış	10	3.20	-	$A^*$	0.45	2.60	3.80	14.05
	$C_2H_2O_4$	10	0.62	↓80.63	B	0.12	0.40	0.70	19.83
	$H_2O_2 + NaOH$	10	0.14	↓95.63	$C^{**}$	0.08	0.10	0.30	60.23
$WI^*$	Ağartılmamış	10	7.52	-	B	0.44	6.90	7.90	5.81
	$C_2H_2O_4$	10	7.28	↓3.19	$B^{**}$	0.15	7.10	7.40	2.13
	$H_2O_2 + NaOH$	10	12.44	↑65.43	$A^*$	0.25	12.10	12.80	2.05
$WI^*$	Ağartılmamış	10	3.97	-	$C^{**}$	0.51	3.60	4.70	12.85
	$C_2H_2O_4$	10	4.78	↑20.40	B	0.20	4.50	5.10	4.28
	$H_2O_2 + NaOH$	10	12.88	↑224.43	$A^*$	0.62	11.70	13.20	4.84

Homjenlik grubu sütunu için \*en yüksek değer, \*\*en düşük değer.

Parlaklık değerlerine bakıldığında 60 ve 85 derecelerde her iki yönde yapılan ölçümler çalışmada kullanılan iki ağartma çözeltileri ile azaldığı görülmüştür. Buna ek olarak, 20 derecede yapılan ölçümlerde ise  $H_2O_2 + NaOH$  kimyasalı ile her iki yönde artışlar tespit edilirken,  $C_2H_2O_4$  ile her iki yönde hiçbir değişikliğin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4).

$WI^*$  değerlerine bakıldığında,  $\perp$  yönde  $C_2H_2O_4$  kimyasalı ile en düşük sonuç 7.28 olarak ve %3.19 ile azalış elde edilirken,  $H_2O_2 + NaOH$  ile en yüksek sonuç 12.44 olarak ve %65.43 ile artış belirlenmiştir.  $WI^*$   $\parallel$  yöndeki değerlerinde ise  $C_2H_2O_4$  kimyasalı ile %20.40 ve  $H_2O_2 + NaOH$  ile de %224.43 oranlarında artışlar elde edilmiştir.  $WI^*$   $\parallel$  yöndeki değerler için en yüksek sonuç kimyasalı  $H_2O_2 + NaOH$  ile muamele görmüş örnekler üzerinde (12.88) bulunurken, en düşük sonuç ise kontrol deney örneklerinde (3.97) tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 5’de ağartma işlemleri üzerine yapılan çeşitli araştırmalara ait kıyaslamalar verilmiştir. Bu sonuçlara göre benzer kimyasallar farklı ağaç türlerinde aynı parametre üzerinde farklı sonuçlar vermiştir. Bunun sebebi ise ağaçların farklı anatomik yapıya sahip olmasından dolayı kaynaklanabileceği şeklinde söylenebilir.

**Tablo 5.** Ağartma işlemleri üzerine yapılan çeşitli araştırmalara ait kıyaslamalar.

Ağaç türü	Ağartma maddesi	Uygulama sonrası değişim					Kaynak
		b*	a*	L*	H*	C*	
Amazon Rosewood ( <i>Dalbergia spruceana</i> Benth.)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↓	↑	↑	Bu çalışma
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↑	↓	↑	↑	↑	
Cocobolo ( <i>Dalbergia retusa</i> Hemsl.)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↓	↓	↓	↓	↓	Çantlıbel ve Ayata, (2024b)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↑	↓	↑	↑	↑	
Okoumé ( <i>Aucoumea klaineana</i> )	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↑	↓	↑	Çantlıbel ve Ayata, (2024a)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↓	↓	↑	↑	↓	
Basralocus ( <i>Dicorynia guianensis</i> Amshoff)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↑	↑	↑	Ayata ve Bal, (2024)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↑	↓	↑	↑	↑	
Bulletwood ( <i>Marilkara bidentata</i> (ADC) A Chev.)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↑	↓	↑	Peker ve ark., (2023a)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↑	↓	↑	↑	↑	
Mvingui ( <i>Dstemnanthus benthamianus</i> )	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↑	↑	↑	Peker ve ark., (2023b)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↑	↓	↑	↑	↑	
Satinwood ceylan ( <i>Chloroxylon swietenia</i> DC)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↓	↓	↑	↓	Ayata ve Çantlıbel, (2023)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↓	↓	↑	↑	↓	
Ilomba ( <i>Pycnanthus angolensis</i> Exell)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↑	↑	↑	Ayata ve Bal, (2023)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↓	↓	↑	↑	↓	
Olon ( <i>Zanthoxylum heitzii</i> )	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↑	↑	↑	Peker ve Ayata, (2023)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↓	↓	↑	↑	↓	
Canelo ( <i>Drimys winteri</i> J.R Forst. & G Forst.)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↑	↑	↑	Peker, (2023a)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↑	↑	↑	↑	↑	
Lotofa ( <i>Sterculia rhinopetalá</i> )	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↓	↑	↑	↑	Peker, (2023b)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↓	↓	↑	↑	↓	
Yalancı akasya ( <i>Robinia pseudacacia</i> L.)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↓	↑	↑	↓	Peker ve Ulusoy, (2023)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↓	↓	↑	↓	↓	
İhlamur ( <i>Tilia tomentosa</i> - Moench)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↓	↓	↑	Çantlıbel ve Ayata, (2023a)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↓	↓	↑	↑	↓	
Bkop ( <i>Tetraberlinia bifolialata</i> Baum)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↓	↑	↑	Çantlıbel ve Ayata, (2023b)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↑	↓	↑	↑	↑	
İzombé ( <i>Testulea gabonensis</i> )	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↑	↑	↓	↑	↑	Peker ve ark., (2023c)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↑	↓	↑	↑	↑	
Balau red ( <i>Shorea guiso</i> )	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	↓	↓	↓	↑	↓	Peker ve ark., (2024)
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	↑	↓	↑	↑	↑	

Toplam renk farklılıklarına ait hesaplanmış sonuçlar Tablo 6’da sunulmaktadır.  $\Delta E^*$  değerleri C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ile 3.59 ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + NaOH kimyasalı ile 12.15 olarak tespit edilmiştir. Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979) ile elde edilen sonuçlar kıyaslandığı zaman C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> kimyasalına ait uygulama ile “çok belirgin (3.0 ila 6.0)” sonucuna ulaşılırken, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + NaOH kimyasalına ait uygulama sonrasında ise “çok güçlü (> 12.0)” sonucuna ulaşıldığı görülmektedir.  $\Delta b^*$  (referansa göre daha sarı) ve  $\Delta C^*$  (referansa göre daha net, daha parlak) değerleri her iki kimyasallara ait olan uygulamalar ile pozitif olarak elde edilmiştir. C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ile  $\Delta L^*$  değerleri negatif (referansa göre daha koyu) ve  $\Delta a^*$  pozitif (referansa göre daha kırmızı) olarak elde edilirken, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + NaOH kimyasalı ile zıt bir durum elde edilmiştir [ $\Delta L^*$  değerleri pozitif (referansa göre daha açık) ve  $\Delta a^*$  değerleri (referansa göre daha yeşil) negatif] (Tablo 6).

**Tablo 6.** Toplam renk farklılıklarına ait hesaplanmış sonuçlar.

Uygulama sonrası	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979)
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-2.74	0.63	2.23	2.21	0.72	3.59	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaOH	9.27	-4.46	6.46	4.08	6.71	12.15	Çok güçlü (> 12.0)

Shore D sertlik değerine ait sonuç Tablo 7’de gösterilmektedir. Shore D sertlik değeri 69.70 HD olarak bulunmuş olup, 69.00-71.00 HD arasında değiştiği yapılan ölçümler sonrasında görülmüştür (Tablo 7).

Tablo 7. Shore D sertlik değerine ait sonuç

Ortalama	Üçümsayı	Standart sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon katsayısı
69.70	10	0.82	69.00	71.00	1.18

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan çalışma sonucunda;

- $C_2H_2O_4$  kimyasalı ile  $L^*$  değerinde azalmalar ve  $a^*$  değerinde ise artışlar belirlenirken,  $H_2O_2 + NaOH$  ile bu iki parametrede zıt bir durum görülmüştür.
- $WI^*$  || değerlerinde,  $C^*$ ,  $b^*$  ve  $h^o$  parametrelerinde her iki kimyasalların ahşap malzeme yüzeylerine muamele edilmesi sonrasında artışlar görülmüştür.
- 60 ve 85 derecelerdeki her iki yönde yapılan parlaklık değerlerinde de azalışlar elde edilmiştir.
- $\Delta E^*$  değerleri  $C_2H_2O_4$  uygulamasıyla 3.59 ve  $H_2O_2 + NaOH$  uygulamasıyla 12.15 olarak bulunmuştur.
- Elde edilen ağartılmış malzemeler üzerinde tuzlu sis korozyon, doğal veya yapay yaşlandırılması önerilmektedir.

**Yazar Katkıları:** Kavramsallaştırma, Ü.A. ve E.H.B.; metodoloji, Ü.A.; yazılım, E.H.B.; doğrulama, Ü.A., O.Ç., Ş.K. ve E.H.B.; içerik analizi, O.Ç.; araştırma, Ü.A. ve E.H.B.; çalışma olanakları, Ü.A., O.Ç., Ş.K. ve E.H.B.; veri düzenleme, Ş.K. ve O.Ç.; yazma—orijinal taslak hazırlama, E.H.B. ve Ü.A.; yazma—inceleme ve düzenleme, E.H.B. ve Ü.A.; görselleştirme, O.Ç. ve Ş.K.; süpervizyon, Ü.A.; proje yönetimi, Ü.A. ve E.H.B.; fon sağlama, Ü.A., O.Ç., Ş.K. ve E.H.B. Tüm yazarlar makalenin yayınlanan versiyonunu okumuş ve kabul etmiştir.

**Fon Desteği:** Bu çalışmada herhangi bir dış finansmandan maddi destek alınmamıştır.

**Çıkar Çatışmaları:** Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

#### Kaynaklar

- Al Ebraheem, J. S., Alkhoder, M. N. A., ve Tulaimat, R. H. (2024). Synthesis and characterization of mesoporous V-Mo-MCM-41 nano-catalysts: Enhancing efficiency in oxalic acid synthesis. *Heliyon*, 10(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24652>.
- Anonim, (1999). IARC, Hydrogen peroxide, 671-689.
- 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.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayata, Ü. ve Bal, B.C. (2023). Ilomba (*Pycnanthus angolensis* Exell) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine çeşitli ağartıcı kimyasallarının uygulanması, European Conferences 2. Uluslararası Sağlık, Mühendislik Ve Uygulamalı Bilimler Kongresi, 4-6 Ağustos 2023 Belgrad, 95-105.
- Ayata, Ü. ve Bal, B.C., (2024). Basralocus (*Dicorynia guianensis* Amshoff) ahşabında ağartma uygulamaları, Avrasya 10. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 2-5 Mayıs 2024, Tiflis, Gürcistan.
- Ayata, Ü. ve Çamlıbel, Ç. (2023). İç ve dış mekânda kullanılan Satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) ahşabında ağartma uygulamasının yapılması üzerine bir çalışma, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14(2): 273-281. <https://doi.org/10.29048/makufebd.1343434>.
- Boon, J.G., Hashim, R., Sulaiman, O., Sugimoto, T., Sato, M., Salim, N., Amini, M.H.M., Nor Izaida, I. ve Sitti Fatimah, M.R. (2017). Important of lignin on the properties of binderless particleboard made from oil palm trunk. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(1): 33-40.
- Carvalho, A.M.A. (1997). Synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae: Dalbergieae) in Brazil. *Brittonia*, 49(1): 87-109.
- Çamlıbel, O. ve Ayata, Ü. (2023a). Ihlamur (*Tilia tomentosa* - Moench.) odununda ağartma uygulaması, Uzakdoğu 2. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 20-22 Ekim 2023, Manila, Filipinler.
- Çamlıbel, O. ve Ayata, Ü. (2023b). Ahşap ağartıcı kimyasallarının ekop (*Tetraberlinia bifoliolata* Haum.) ahşabında uygulanması, Uzakdoğu 2. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 20-22 Ekim 2023, Manila, Filipinler.
- Çamlıbel, O. ve Ayata, Ü., (2024a). Okoumé (*Aucoumea klaineana*) ahşabında bazı yüzey özellikleri üzerine ağartıcı kimyasallarının etkileri, Latin Amerika 8. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi 1-5 Mayıs 2024, Havana, Küba.
- Çamlıbel, O. ve Ayata, Ü., (2024b). Cocobolo (*Dalbergia retusa* Hemsl.) odununda ağartma uygulamasının denenmesi, ArtGRID - Journal of Architecture Engineering and Fine Arts, 6(1).
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Gama, J.R.V. ve Pinheiro, J.C. (2010). Inventário florestal para adequação ambiental da fazenda Santa Rita, município de Santarém, Estado do Pará. *Floresta*; 40(3): 585-592. <http://dx.doi.org/10.5380/arf.v40i3.18920>

- Huxley, A. ve Griffiths, M. (1992). Dictionary of gardening (Vol. 3). Macmillan Press.
- 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.
- Khorrani, M., Vafai, A., Khalilitabas, A. A., Desai, C. S. ve Ardakani, M. H. (2010). Experimental Investigation on mechanical characteristics and environmental effects on rubber concrete. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 4(1), 17-23. <https://doi.org/10.4334/IJCSM.2010.4.1.017>
- Klitgaard, B.B. ve Lavin, M. (2005). Tribe Dalbergieae sens. lat. Legumes of the world, 307-335.
- Lange, D.R. (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
- Lee, S. O., Tran, T., Jung, B. H., Kim, S. J. ve Kim, M. J. (2007). Dissolution of iron oxide using oxalic acid. *Hydrometallurgy*, 87(3-4), 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2007.02.005>
- Leloup, F.B., Audenaert, J. ve Hanselaer, P. (2019). Development of an image-based gloss measurement instrument, *Journal of Coatings Technology and Research*, 16(4): 913-921.
- Lima, C.C., Borge, E.E.L. ve Gurgel, E.S.C. (2023). Mobilization of storage reserves in *Dalbergia spruceana* Benth. (Fabaceae) seeds during germination at different temperatures. *Floresta e Ambiente*, 30(3): e20220078. <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2022-0078>
- Liu, Y., Guo, H., Gao, J., Zhang, F., Shao, L. ve Via, B.K. (2015). Effect of bleach pretreatment on surface discoloration of dyed wood veneer exposed to artificial light irradiation, *BioResources*, 10(3): 5607-5619. <https://doi.org/10.15376/biores.10.3.5607-5619>
- Luo, M.R. (2016). Encyclopedia of color science and technology. Springer New York.
- Mehats, J., Castets, L., Grau, E. ve Grelier, S. (2021). Homogenization of maritime pine wood color by alkaline hydrogen peroxide treatment, *Coatings*, 11(7): 839. <https://doi.org/10.3390/coatings11070839>.
- Mononen, K., Jääskeläinen, A.S., Alvila, L., Pakkanen, T.T. ve Vuorinen, T. (2005). Chemical changes in silver birch (*Betula pendula* Roth) wood caused by hydrogen peroxide bleaching and monitored by color measurement (CIELab) and UV-Vis, FTIR and UVR spectroscopy, *Holzforschung*, 59: 381-388. <https://doi.org/10.1515/HF.2005.063>
- Nguyen, Q.T., Nguyen, T. ve Nguyen, N.B. (2019). Effects of bleaching and heat treatments on *Indosasa angustata* bamboo in Vietnam, *Bioresources*, 14(3): 6608-6618. <https://doi.org/10.15376/biores.14.3.6608-6618>
- Panias, D., Taxiarchou, M., Paspaliaris, I. ve Kontopoulos, A. (1996). Mechanisms of dissolution of iron oxides in aqueous oxalic acid solutions. *Hydrometallurgy*, 42(2), 257-265. [https://doi.org/10.1016/0304-386X\(95\)00104-O](https://doi.org/10.1016/0304-386X(95)00104-O)
- Panigrahi, S., Rout, S., Sahoo, G., Gupta, S., and Kumar, V.S. (2021). Finishing properties of poly urethane coating on bleached and ammonia fumigated mango wood surface, *International Journal of Plant & Soil Science*, 33(16): 57-67. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2021/v33i1630523>.
- Peker, H. (2023a). Canelo (*Drimys winteri* J.R. Forst. ve G. Forst. ahşabında ağartma uygulamaları, ICAFVP 3. Uluslararası Tarım, Gıda, Veteriner Ve Eczacılık Bilimleri Kongresi, 10-12 Kasım 2023, Beyrut, Lübnan, 165-174.
- Peker, H. (2023b). Lotofa (*Sterculia rhinopetala*) odununda tek ve çift bileşenli ağartıcılarının uygulanması, ICAFVP 3. Uluslararası Tarım, Gıda, Veteriner Ve Eczacılık Bilimleri Kongresi, 10-12 Kasım 2023, Beyrut, Lübnan, 173-182.
- Peker, H. ve Ayata, Ü. (2023). Olon (*Zanthoxylum heitzii*) odununun bazı yüzey özellikleri üzerine ağartıcı kimyasalların etkileri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 6(2): 210-218. <https://doi.org/10.33725/mamad.1369843>.
- Peker, H. ve Ulusoy, H. (2023). Ahşap ağartıcı kimyasalları uygulanmış yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) odununda bazı yüzey özelliklerinin belirlenmesi, 8. Asya Pasifik Uluslararası Modern Bilimler Kongresi, 11-12 Eylül 2023, Delhi, India, 464-465.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü. ve Çamlıbel, O. (2023b). Mobilya sektöründe kullanılan movingui (*Distemonanthus benthamianus* Baillon) odununda tek ve çift bileşenli ahşap ağartıcı kimyasallarının uygulanması üzerine bir araştırma, *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2): 73-79.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., Çamlıbel, O. ve Gürleyen, L. (2023a). Ağartıcı kimyasallarının (oksalik asit ve hidrojen peroksit + sodyum hidroksit) bulletwood (*Manilkara bidentata* (A.DC.) A. Chev.) ahşabında uygulanması, *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 1(2): 48-54.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., Çamlıbel, O. ve Gürleyen, L. (2024). Ahşap ağartma kimyasalları uygulandıktan sonra balmumu ile muamele edilmiş balau red (*Shorea guiso*) odununda bazı yüzey özelliklerinin belirlenmesi, *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, basım aşamasında.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., Gürleyen, L. ve Çamlıbel, O. (2023c). İç ve dış mekânlara ait tasarımlarda kullanılan izombé (*Testulea gabonensis*) ahşabında farklı ahşap ağartıcı kimyasallarının uygulanması, 2. Uluslararası Kültür, Sanat ve İletişim Sempozyumu (UKSANİL 2), Bayburt, 15-17 Aralık 2023, 289-303.
- Souza, L.A.G. (2020). Guia da biodiversidade de Fabaceae do Alto Rio Negro. 2012. 118 p.
- Tredwin, C. J., Naik, S., Lewis, N. J. ve Scully, C. (2006). Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching) products: review of adverse effects and safety issues. *British dental journal*, 200(7), 371-376.
- Uphof, J.C. Th. (1959). Dictionary of Economic Plants. Weinheim.
- Yamamoto, A., Rohumaa, A., Hughes, M., Vuorinen, T. ve Rautkari, L. (2017). Surface modification of birch veneer by peroxide bleaching, *Wood Science and Technology*, 51: 85-95. <https://doi.org/10.1007/s00226-016-0880-7>.
- Yuan, B., Ji, X., Nguyen, T.T., Huang, Z. ve Guo, M. (2019). UV protection of wood surfaces by graphitic carbon nitride nanosheets, *Applied Surface Science*, 467-468: 1070-1075. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.10.251>.

**Yasal Uyarı/Sorumluluk Reddi:** Tüm yayınlarda yer alan ifadeler, görüşler ve veriler yalnızca yazarlara ve (varsa) katkıda bulunanlara aittir; *Journal of Green Technology and Environment* ve/veya editörlerine ait değildir. *Journal of Green Technology and Environment* ve/veya editörleri, içerikte atıfta bulunulan herhangi bir fikir, yöntem, talimat veya üründen kaynaklanan, insanlara veya mallara gelebilecek herhangi bir zararın sorumluluğunu reddeder.



Research Article

# Determination of Physical and Mechanical Properties of Veneered OSB

Kadir Doğan \* 

Kronospan Forest Products Industry, 37150, Kastamonu/Turkiye

\* Correspondence: kadirdogan@kronospan.com.tr

**Abstract:** The aim of this study is to investigate the physical and mechanical properties of OSB boards whose surfaces are covered with wood veneer. In the study, veneered OSB boards were produced with a final thickness of 18 mm using poplar and beech veneers. Phenol formaldehyde and urea formaldehyde glues were used as glue. Air dry, oven dry and wet densities of the veneered OSB boards produced were determined. On the other hand, 2, 24 and 72 hours water absorption and thickness swelling properties were determined. Bending strength and modulus of elasticity testing of the veneered OSBs produced was carried out. The water absorption and thickness swelling resistance of veneered OSB boards produced using PF glue gave better results than those produced using UF glue. It has been determined that gluing the veneers with the fiber directions perpendicular or parallel to each other has no effect on the density. It has been understood that veneered OSBs produced using beech veneers generally exhibit better mechanical properties than veneered OSBs produced using poplar veneers. It can be said that covering the surfaces of OSBs with veneers affects the thermal conductivity value negatively and other physical and mechanical values positively. In order to increase the usage areas of veneered OSBs, it is recommended to conduct new studies using different wood species and glues.

**Keywords:** OSB; beech, poplar; veneer; thermal conductivity

## Kaplanmış OSB Levhaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

**Citation:** Doğan, K. Determination of Physical and Mechanical Properties of Veneered OSB. Journal of GreenTech 2024, 2(1): 29-34. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11528386>.

Received: 06.05.2024

Revised: 07.06.2024

Accepted: 08.06.2024

Published: 30.06.2024



**Copyright:** © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Öz:** Bu çalışmanın amacı, yüzeyleri kaplama levhalar ile kaplanmış OSB levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılmasıdır. Çalışmada kavak ve kayın kaplamalar kullanılarak son kalınlığı 18 mm olacak şekilde kaplanmış OSB levhalar üretilmiştir. Levhaların yapıştırılabilmesi için fenol formaldehit ve üre formaldehit tutkalları kullanılmıştır. Üretilen kaplanmış OSB levhaların hava kurusu, tam kuru kurusu ve tam yaş yoğunlukları belirlenmiştir. Diğer yandan 2, 24 ve 72 saatlik su emme ve kalınlığına şişme özellikleri belirlenmiştir. Üretilen kaplanmış OSB'lerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü testleri gerçekleştirilmiştir. FF tutkal kullanılarak üretilen kaplanmış OSB'lerin su emme ve kalınlığına şişme direnci değerleri, UF tutkal kullanılarak üretilenlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Kaplamaların lif yönleri birbirine dik veya paralel olacak şekilde yapıştırılmasının yoğunluğa herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Kayın kaplama kullanılarak üretilen kaplanmış OSB'lerin genel olarak kavak kaplama kullanılarak üretilenlere göre daha iyi mekanik özellikler sergilediği anlaşılmıştır. OSB yüzeylerinin kaplama ile kaplanmasının ısı iletkenliği değerini olumsuz, diğer fiziksel ve mekanik değerleri ise olumlu etkilediği söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** OSB; kayın, kavak, kaplama, ısı iletkenliği



## 1. Introduction

Making boards from oriented strands dates back to the work of Armin Elmendorf in America and Wilhelm Klauwitz in Germany in the late 1940s and early 1950s. Elmendorf received a new patent on this subject in 1965 as a result of the work it carried out in the pilot production facility it established in its research laboratory in 1962. The first facility in Europe was established in 1978. Oriented strand boards (OSB) are produced by adding glue to flakes obtained from small-diameter round woods and by routing these glued strands on the laying line and pressing the cake template obtained under temperature and pressure. (Doğan & Kaymakçı, 2022; İstek et al., 2016; Kaya & Çifçi, 2018; Kaymakçı & Doğan, 2023; Özçifçi et al., 2017; Thoemen et al., 2010).

OSB is a plate-shaped material produced by mixing specially prepared strands with a suitable glue and directing them in the desired direction during laying, and pressing the resulting draft under temperature and pressure. Strands are generally 150mm long, 25mm wide and 0.6mm thick. In order for OSB boards to be used instead of plywood, their physical and mechanical properties and behavior in places of use must be the same or close to those of plywood. Like all wood and wood-based materials, OSB boards swell when exposed to water. But the surface layers expand faster than the middle layer. In this regard, OSB boards should be stored in dry conditions, placed appropriately, adequate roof ventilation and the use of side vapor barriers will help prevent problems that may occur during use on roofs. There are no knots, knot holes, additional openings or overlaps on the surfaces of OSB boards. However, structural plywood may have color differences, overlaps, bends, knots, knot holes, and narrow joint openings (Akbulut et al., 2002; Doğan & Kaymakçı, 2022; Kaya & Çifçi, 2018; Özçifçi et al., 2017; Thoemen et al., 2010).

As an alternative to 1/2-inch-thick plywood sheathing panels, composite wood panels with veneer faces and unidirectionally oriented strand cores have been researched and commercially manufactured. Their initial allure came from the fact that they could be made for the same purpose at a lower cost than standard plywood. They also offered chances to use low density hardwood logs for the core and undersized, low-quality softwood logs. But when OSB for sheathing became commercially available, these benefits appear to have vanished. The properties of commercially available OSB sheathing were found to be sufficient to meet the necessary structural criteria for the intended purpose, although being lower than those of plywood with the same thickness. This has caused a pause in the manufacturing of veneer-overlaid composite panels for use as sheathing in commercial settings. This might only be a short-term issue, as veneer-overlaid composite panels have a wide range of industrial uses where smoother, more robust products are needed than OSB panels (Biblis, 1985; Carney, 1977; Chiu & Biblis, 1973; Koeningshof, 1977; Snodgrass & Saunders, 1974).

The potential to create veneer-overlaid composite panel cores is made possible by OSB manufacturing technology, which can orient layers. It is possible to create such composite panels with OSB cores that have specific ratios of stacking thickness and high stressed veneer faces that are both the right thickness and quality. To meet the characteristics and performance requirements of the panel for its intended purpose, this concept calls for unique design criteria. In terms of structural efficiency, OSB is not anticipated to be as good as veneer-overlaid composite panels with same thickness (Biblis, 1985; Biblis & Mangalousis, 1983; Carney, 1977; McKean et al., 1975; Snodgrass & Saunders, 1974).

A review of the literature demonstrates, however, that little is known regarding the extent to which veneer topping OSB would improve its flexural characteristics and dimensional stability. The aim of this study is to investigate the physical and mechanical properties of OSB boards whose surfaces are covered with wood veneer. In the study, veneered OSB boards were produced with a final thickness of 18 mm using poplar and beech veneers. Phenol formaldehyde and urea formaldehyde glues were used as glue. Air dry, oven dry and wet densities of the veneered OSB boards produced were determined. On the other hand, 2, 24 and 72 hours water absorption and thickness swelling properties were determined. Bending strength and modulus of elasticity testing of the veneered OSBs produced was carried out.

## 2. Experimental

### 2.1. Materials

In this study, 11 mm and 18 mm thick OSB-2 class boards produced by Kronospan Kastamonu / Turkey were used. Beech and poplar veneers were obtained by specially peeling 1.1 mm thick first-class logs at TKS Veneer Tosya/Turkey. Since the final thickness of Veneered OSBs is 18 mm, the thickness of the OSBs used in the interior was chosen as 11 mm. The veneers were dried in the TKS Veneer factory at a humidity level of 8%. Urea Formaldehyde glue (UF) was supplied from Kronospan company. The amount of solid matter is 65%.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (ammonium chloride) was used as a hardener. The mixture was prepared and used with a hardener ratio of 10%. Phenol Formaldehyde glue (PF) was supplied from Polisan company under the trade name "Polifen 47". The amount of solid matter is 47.50%.

### 2.2. Production of Veneered OSB

Veneered OSB were produced according to the trial pattern in Table 1.

**Table 1.** Veneered OSB production models.

OSB code	Veneer wood species	Veneer fiber direction	Adhesive type
A	Poplar	Perpendicular	Phenol formaldehyde
B	Poplar	Parallel	Phenol formaldehyde
C	Poplar	Perpendicular	Urea formaldehyde
D	Poplar	Parallel	Urea formaldehyde
E	Beech	Perpendicular	Phenol formaldehyde
F	Beech	Parallel	Phenol formaldehyde
G	Beech	Perpendicular	Urea formaldehyde
H	Beech	Parallel	Urea formaldehyde

The press temperature for the production of veneers was determined as 110 °C for UF and 140 °C for PF. The gluing process was carried out so that the glue amount was 200 gr/m<sup>2</sup>. The press pressure was set to 8 kg/cm<sup>2</sup>. Pressing time was set as 13 minutes. A Cemil Usta SSP180T brand laboratory type hydraulic press was used in the production of the veneers. The width of the press table is 60x60 cm<sup>2</sup> and the useful area is 50x50 cm<sup>2</sup>. For each group, veneers of 40x40 cm<sup>2</sup> (1 piece), 30x30 cm<sup>2</sup> (2 pieces) and 20x20 cm<sup>2</sup> (5 pieces) dimensions were produced with cleaned edges.

### 2.3. Determination of Physical Properties of Veneered OSB

Density tests of the samples were performed according to EN 323, water absorption tests according to EN 317 and thickness swelling tests according to EN 318 standard.

Thermal conductivity coefficient was determined in accordance with ASTM C1113-99 standard. The minimum dimensions for thermal conductivity measurement of samples are 50x100 mm. The standard measurement time is 100-120 seconds. Measurements were repeated 10 times. The test samples were conditioned at 20±2 °C and 65±5% relative humidity and measurements were made with the "QTM 500-meter Kyoto Electronics Manufacturing Tokyo Japan" device. Thermal conductivity was measured and the values were recorded as W/m<sup>2</sup>K.

### 2.4. Determination of Mechanical Properties of Veneered OSB

Bending strength (MOR) and modulus of elasticity (MOE) tests of the produced sheets were carried out according to TS EN 310 standard.

Test samples were prepared with a length of 400 mm and a width of 50 mm. Accordingly, the distance between the supports was determined as 320 mm. In addition to the produced boards, 18 mm thick OSBs with properties equivalent to the OSBs used in plate production were also tested. The plates in each group were tested 7 times.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Physical Properties

Air dry, oven dry and wet densities of the veneered OSBs produced were determined. The density test results of the veneered OSBs obtained can be seen in Table 2.

**Table 2.** Air dry, oven dry and wet density of veneered OSB groups and neat OSB

Panel type	Density - air dry (g/cm <sup>3</sup> )	Density - oven dry (g/cm <sup>3</sup> )	Density - wet (g/cm <sup>3</sup> )
OSB (18 mm)	0.61 ± 0.03	0.56 ± 0.01	0.72 ± 0.05
A	0.66 ± 0.02	0.62 ± 0.02	0.78 ± 0.07
B	0.65 ± 0.04	0.60 ± 0.04	0.75 ± 0.02
C	0.66 ± 0.02	0.60 ± 0.01	0.76 ± 0.04
D	0.63 ± 0.04	0.59 ± 0.02	0.74 ± 0.05
E	0.78 ± 0.02	0.70 ± 0.02	0.82 ± 0.02
F	0.76 ± 0.02	0.68 ± 0.01	0.81 ± 0.03
G	0.76 ± 0.03	0.71 ± 0.03	0.80 ± 0.01
H	0.74 ± 0.02	0.69 ± 0.02	0.80 ± 0.04

When Table 2 is examined, when air dry, oven dry and wet densities are compared, it is determined that the density values of all OSB boards with wooden surface coatings (veneered OSB) are higher than neat OSB boards of the same thickness. On the other hand, it was determined that the densities of veneered OSBs produced using beech veneers were higher than those of veneered OSBs produced using poplar veneers. In addition, it has been understood that the densities of veneer OSBs produced using PF glue are generally higher than those of veneer OSBs produced using UF glue. No relationship has been detected between the densities of veneered OSBs and whether veneer boards are glued with fiber directions perpendicular or parallel to each other.

The water absorption and thickness swelling test results of the obtained veneered OSBs can be seen in Table 3.

**Table 3.** Water absorption and thickness swelling values of veneered OSB groups and neat OSB

Panel type	Water absorption			Thickness swelling		
	2 hours - (%)	24 hours - (%)	72 hours - (%)	2 hours - (%)	24 hours - (%)	72 hours - (%)
OSB (18 mm)	29.01 ± 1.82	72.27 ± 5.64	84.57 ± 4.53	10.55 ± 0.83	22.83 ± 0.80	24.89 ± 1.00
A	20.62 ± 1.53	61.55 ± 2.31	82.60 ± 3.08	8.25 ± 1.07	20.27 ± 2.39	22.36 ± 2.72
B	19.46 ± 1.21	59.67 ± 3.88	81.94 ± 2.16	7.60 ± 0.82	19.41 ± 1.66	21.59 ± 2.08
C	22.87 ± 1.74	56.29 ± 5.74	85.17 ± 4.05	10.02 ± 0.53	17.97 ± 1.47	19.14 ± 2.07
D	22.44 ± 5.09	55.77 ± 1.86	84.66 ± 2.35	9.57 ± 0.45	17.24 ± 1.80	18.37 ± 2.32
E	16.95 ± 0.87	52.36 ± 5.50	80.54 ± 1.31	5.92 ± 0.58	14.95 ± 3.04	17.55 ± 3.78
F	16.14 ± 1.34	51.73 ± 2.26	79.46 ± 4.78	5.24 ± 0.41	14.13 ± 2.12	16.22 ± 2.64
G	19.00 ± 1.91	69.44 ± 3.00	82.67 ± 5.03	8.14 ± 0.60	18.43 ± 1.76	22.60 ± 1.85
H	18.60 ± 2.73	58.82 ± 4.13	82.04 ± 1.74	7.85 ± 0.92	17.15 ± 1.48	21.04 ± 2.07

When the 2, 24 and 72 hour water absorption values of veneered OSB boards in Table 3 are examined, it was determined that the F group boards showed the best resistance to water, and the neat OSB and C group boards showed the worst resistance. It is thought that the main reason why Group F boards show the best resistance to water is that the PF glue used has better resistance to water than the UF glue, the fiber directions of the veneer boards are glued in opposite directions, and the beech has better resistance to water compared to the poplar. On the other hand, the reasons why neat OSB and Group C boards have the lowest water resistance values are that the water resistance properties on the surface of neat OSB boards are normally low; The use of UF glue, which has less water resistance properties than PF glue, in Group C boards; The fiber directions of the veneers are parallel to each other; and poplar wood has lower resistance to water than beech wood. When the thickness swelling values are examined, it is seen that the trend in water absorption values has not changed. The fact that these situations are parallel to each other reinforces the accuracy of the reasons.

The thermal conductivity values of the obtained veneered OSBs can be seen in Table 4.

**Table 4.** Thermal conductivity values of veneered OSB groups and neat OSB

Panel type	Thermal conductivity (W/mfK)	
	Mean	Standard deviation
OSB (18 mm)	0.18	0.03
A	0.22	0.01
B	0.24	0.01
C	0.20	0.01
D	0.19	0.00
E	0.26	0.06
F	0.26	0.02
G	0.24	0.02
H	0.25	0.03

When the thermal conductivity results are examined in Table 4, it is seen that the lowest value is obtained in neat OSB and similarly in group D plates, and the highest value is obtained in group E and F boards. The main reason why neat OSBs have the lowest thermal conductivity value may be that they contain more air voids than veneered OSBs and therefore their density is lower. On the other hand, it has been understood that the thermal conductivity values of veneered OSBs obtained using poplar are generally lower than the sheets produced using beech. It is thought that this is due to the density of poplar wood being lower than that of beech wood. In addition, it is understood from Table 3 that gluing the fiber directions of the veneers parallel or perpendicular to each other does not affect the thermal conductivity values of the veneers. Thermal conductivity values of veneered OSBs produced using PF glue were generally higher than those with UF glue..

### 3.2. Mechanical Properties

The bending resistance and bending modulus values of the veneered OSBs produced can be seen in Table 5.

**Table 5.** Bending strength and modulus of elasticity values of veneered OSB groups and neat OSB

Panel type	Bending strength (N/mm <sup>2</sup> )		Modulus of Elasticity (N/mm <sup>2</sup> )	
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
OSB (18 mm)	23.42	2.53	2,074.55	373.04
A	37.71	3.15	4,721.32	415.57
B	31.79	1.59	4,318.35	106.53
C	27.08	2.10	3,954.57	433.21
D	23.52	3.70	3,207.16	187.20
E	52.33	4.92	8,762.71	228.31
F	54.26	1.48	7,368.13	74.57
G	45.51	3.72	6,738.29	417.34
H	41.97	4.44	5,982.45	264.95

When the MOR and MOE values in Table 5 are examined, it is seen that the highest MOR value is detected in E and F group boards, and the lowest MOR value is detected in neat OSB, C and D group boards. This situation is generally thought to be due to the type of glue used, the type of wood and the fiber directions of the veneers being glued parallel/opposite to each other. It is understood that the same situation occurs in MOE values.

### 4. Conclusions

In general, it can be said that the following results were obtained in the study;

- The water absorption and thickness swelling resistance of veneered OSB boards produced using PF glue gave better results than those produced using UF glue.
- It has been determined that gluing the veneers with the fiber directions perpendicular or parallel to each other has no effect on the density.
- It has been understood that veneered OSBs produced using beech veneers generally exhibit better mechanical properties than veneered OSBs produced using poplar veneers.
- It can be said that covering the surfaces of OSBs with veneers affects the thermal conductivity value negatively and other physical and mechanical values positively.

- In order to increase the usage areas of veneered OSBs, it is recommended to conduct new studies using different wood species and glues.

**Funding:** This research received no external funding.

## References

- Akbulut, Y., Göker, Y., & Ayrılmış, N. (2002). OSB levhalarının kontrplak yerine kullanılması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 52(1), 65–80.
- Biblis, E. J. (1985). Composite Plywood with Southern Pine Veneer Faces and Oriented Strand Core from Sweetgum and Southern Pine. *Wood and Fiber Science*, 47–57. <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2170>.
- Biblis, E. J., & Mangalousis, F. (1983). Properties of 1/2-inch composite plywood with southern yellow pine veneer faces and unidirectional oriented southern oaks strand core. *Forest Products Journal*, 33(2), 43–49.
- Carney, J. M. (1977). Plywood composite panels for floors and roofs: summary report.
- Chiu, Y. M., & Biblis, E. J. (1973). Comparison of flexural properties and dimensional stabilities of two constructions of 5/8-inch, 5-ply southern pine plywood. *Agricultural Experiment Station, Auburn University*, 210.
- Doğan, K., & Kaymakçı, A. (2022). Farklı formaldehit/üre oranına sahip UF tutkalı ile üretilmiş yönlendirilmiş yonga levhaların (OSB) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 167–173. <https://doi.org/10.33725/MAD.1201505>.
- İstek, A., Tunç, h., & Özsoylu, İ. (2016). Silan İlavasının Yönlendirilmiş Yonga Levhaların (OSB) Bazı fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 18(2), 1–8.
- Kaya, A. İ., & Çifçi, A. (2018). Bakır Folyo Kaplı Yönlendirilmiş Yonga Levhanın Elektromanyetik Girişimi Soğurma Etkinliği . *DergiPark Logo The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University*, 9(1), 279–284.
- Kaymakçı, A., & Doğan, K. (2023). Melamin ve Üre Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Yonga Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri . *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 25(3), 362–368.
- Koeningshof, G. (1977). The comply research project. *USDA Forest Service Report*.
- McKean, H. B., Snodgrass, J. D., & Saunders, J. (1975). Commercial development of composite plywood. *Forest Products Journal*, 25(9), 63–68.
- Özçifçi, A., Kara, M. E., Karakaya, B., & Biçer, E. (2017). Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)'nin Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Tutkal ve Parafin Miktarının Etkisi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 52–60.
- Snodgrass, J. D., & Saunders, R. J. (1974). Building Products from low quality Forest residues. *American Society of Agricultural Engineers*, 74, 1579.
- Thoemen, H., Irlle, M., & Sernek, M. (2010). Wood based panel an introduction for specialists. Published by Brunel University Press, 94(1), 55–56.

**Disclaimer/Publisher's Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of *Journal of Green Technology and Environment*, and/or the editor(s). *Journal of Green Technology and Environment*, and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.



*GreenTech*

**JOURNAL OF GREEN  
TECHNOLOGY AND  
ENVIRONMENT**



[www.journalgreentech.com](http://www.journalgreentech.com)