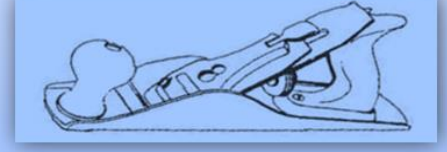


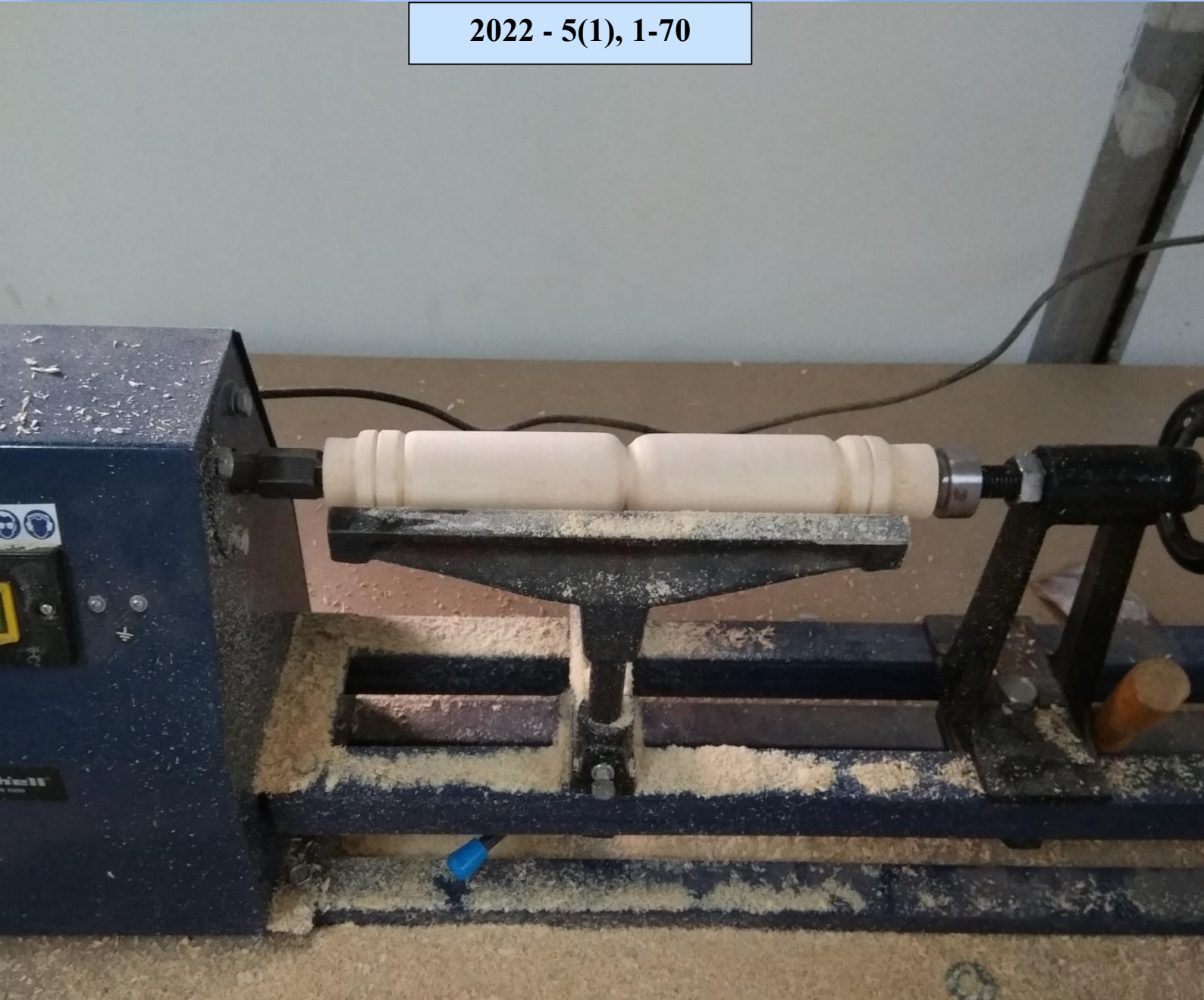
MOBİLYA ve AHŞAP MALZEME ARAŞTIRMALARI DERGİSİ



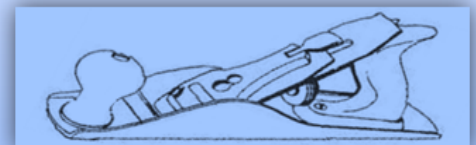
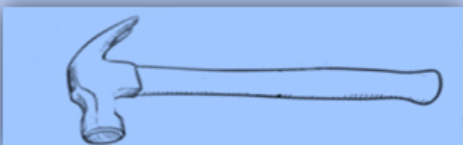
-MAMAD-



2022 - 5(1), 1-70



FURNITURE and WOODEN MATERIAL RESEARCH JOURNAL





BAŞ EDİTÖR ve İMTİYAZ SAHİBİ

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

EDİTÖR KURULU

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

Doç. Dr. Erkan Avcı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye

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

DANIŞMA KURULU

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Doç. Dr. Abdurrahman Karaman, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

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

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



İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA MAKALELERİ - RESEARCH ARTICLES

- MDF üretiminde zımpara tozu kullanım olanaklarının araştırılması**
Investigation of the possibilities of using sanding powder in MDF production 1-7
Cengiz Güler, Vural Doğan
- Isıl işlem görmüş Hindistan cevizi odununda bazı yüzey özelliklerinin incelenmesi**
Investigation of some surface properties of heat treated coconut wood 8-16
Ümit Ayata
- Effects of heat treatment on surface roughness and bonding strength of wood material**
Isıl işlemin ahşap malzemenin yüzey pürüzlülük ve yapışma direncine etkileri 17-28
Osman Perçin
- MDFlamın delinmesinde Taguchi yöntemi kullanılarak delaminasyon faktörünün incelenmesi**
Investigation of delamination factor using Taguchi design method in drilling MDFlam 29-39
Emine Nur Aktaş, Sait DüNDAR Sofuoğlu
- Lineer düşük yoğunluklu polietilen (LDYPE) ve odun unu ile üretilen kompozit malzemenin bazı mekanik özellikleri üzerine bir araştırma**
A research on some mechanical properties of composite material produced with linear low density polyethylene (LLDPE) and wood flour 40-49
Bekir Cihad Bal
- Do it-yourself furniture: Part A - Designing fittings for an easy-to-manufacture hybrid chair**
Kendin yap mobilya: Bölüm A – Kolay imal edilebilir melez sandalye için bağlantı elemanları tasarımı 50-60
Tuğba Yılmaz Aydın

DERLEME MAKALELER - REVIEW ARTICLES

- Sedir odunundan (Cedrus libani A. Richard) katran üretimi ve halk sağlığında kullanım alanları**
Production of tar from cedar wood (Cedrus libani A. Richard) and its uses in public health 61-70
Fatih Tuncay Efe



MDF üretiminde zımpara tozu kullanım olanaklarının araştırılması

Cengiz Güler^{1*}, Vural Doğan²

Öz

Düzce Divapan A.Ş. de her gün açığa çıkan zımpara tozu atığı en az 25 ton civarındadır. Fabrikada bu atık genellikle enerji üretiminde yakılarak yok edilmektedir. Zımpara tozunun tekrar üretime kazandırılması ile karbon emisyonunun azaltılmasına katkı sağlanacaktır. Fabrika kaynaklı atıkların geri dönüşüm yoluyla yeni bir kullanım alanı yaratılarak değerlendirilmesi, çevre sorunlarının azalması, hammadde rezervlerinin korunmasında önemli rol oynayabilir. Bu çalışmada, 10 mm kalınlığında levhalar üreterek atıl vaziyette bulunan zımpara tozu atıklarının endüstriye kazandırılması amaçlanmıştır. Yaklaşık olarak ayda 750 ton açığa çıkan zımpara tozu, lif levha üretiminde kullanılabilir. Fabrikadan temin edilen odun lifleri ile MDF zımpara tozları belirli oranlarda karıştırılarak lif levha üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deney örneklerinin bazı teknolojik özellikleri incelenmiştir. MDF tozu oranı arttıkça kalınlık artımında bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan MDF tozu % 20 orandan sonra eğilme direncinde düşme olduğu görülmüştür. Sonuçta zımpara tozu atıklarının MDF üretiminde değerlendirilmesi mümkün olup standart özellikleri karşıladığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: MDF, Mobilya, Teknolojik özellikler, Zımpara tozu

Investigation of the possibilities of using sanding powder in MDF production

Abstract

The sanding powder that is released every day is at least 25 tons in Divapan A.Ş. This sanding powder is generally destroyed by burning in energy production in the factory. Re-introducing the sanding powder will contribute to the reduction of carbon emissions. Utilization of factory wastes by creating a new usage area through recycling can play an important role in reducing environmental problems and protecting raw material sources. In this study, 10 mm thickness MDF boards were produced from sanding powder. It is aimed to bring sanding powder to the industry. Approximately 750 tons of sanding powder released per month can be used in fiberboard production. Fiberboard was produced by mixing wood fibers and MDF sanding powders in certain proportions. Then, some technological properties of the test samples were examined. When the MDF powder ratio increased, the thickness swelling decreased. On the other hand, it was observed that there was a decrease in bending strength after 20% of MDF powder. As a result, it has been determined that it is possible to evaluate sanding powder in MDF production. MDF panels have been examined suitability related standards.

Keywords: Furniture, MDF, Sanding powder, Technological properties.

Makale tarihçesi: Geliş:09.05.2022, Kabul:13.06.2022, Yayınlanma:30.06.2022, *e-posta:cengizguler@düzce.edu.tr

¹Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, Düzce/Türkiye,

²Düzce Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Merkezi, Düzce/Türkiye.

Atıf: Güler C., Doğan V.,(2022), MDF üretiminde zımpara tozu kullanım olanaklarının araştırılması, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5 (1), 1-7. DOI: 10.33725/mamad.1114080.

1 Giriş

Lif levha, bitkisel lif ve lif demetlerinin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanılarak veya ilave yapıştırıcı madde kullanılarak oluşturulan levha taslağının kurutulması ya da preslenmesi sonucu elde edilen bir üründür. Kısaca, lignoselülozik maddelerin liflendirilmesiyle oluşan lif ve lif demetlerinin yeniden şekillendirilmesiyle elde edilen levhalardır (Eroğlu, 1998). Lif levhaların rutubete karşı direnci, sağlamlığı, ateşe ve çürümeye karşı dayanıklılığını arttırmak için yapıştırıcı madde ile diğer bazı maddeler istenildiğinde katılabilir. Lif levhalar liflerden oluştuğu için, masif ağaç malzemedeki olduğu gibi yüksek mekanik ve teknolojik özelliklere sahiptir. Masif ağaç malzemenin aksine direnç özellikleri, değişik yönlerde farklı değildir (anizotrop) yani izotrop yapıda bir malzemedir (Dayanıklıoğlu 2004; ISO 818 1975).

Lif levhalar TS EN 316 (2011) ve ISO 818 (1975)'e göre özgül ağırlıkları esas alınarak üçe ayrılmıştır;

1. Yumuşak lif levhalar: Özgül ağırlıkları en çok 350 kg/m³ olan lif levhalar,
2. Orta sert lif levhalar: Özgül ağırlıkları 350-800 kg/m³ olan lif levhalar,
3. Sert lif levhalar: Özgül ağırlıkları 800 kg/m³ den fazla olan lif levhalar olmak üzere sınıflandırılırlar.

Ülkemizde ahşap esaslı levha üretim tesislerinin birçoğu yüksek miktarlarda ve kalitede üretimleriyle dünyada ve Avrupa'da sayılı tesisler arasında yer almaktadır. Türkiye ahşap esaslı levha üretim sektöründe dünyada 5., Avrupa'da ise Almanya'dan sonra 2. sırada gelmektedir. MDF/HDF levha üretiminde ise Avrupa'da 1. Dünyada 2. sırada yer almaktadır (İstek ve ark, 2017).

Lif levha sektöründe üretim miktarlarına göre sırasıyla; Çin, Amerika, Almanya, Türkiye, Polonya, Tayland ve Rusya gelmektedir. 2019 yılı verilerine göre Dünya toplam lif levha üretimi 118.934.000 m³ tür. 2019 yılı verilerine göre dünya MDF üretiminin %49.4'ü 58.8 milyon m³ ile Çin, %5.6'sı 6.6 milyon m³ ile Amerika, %4.6'sı 5.5 milyon m³ ile Almanya ve %4.1'i 4.9 milyon m³ ile Türkiye tarafından karşılanmaktadır (URL-1, 2019).

Hızla artan tüketim isteklerinin karşılanabilmesi için değişik hammaddelerin kullanılması kaçınılmaz olmuştur. Bu amaçla ülkemizdeki hammadde kaynaklarının daha rasyonel olarak kullanılması gerekmektedir. Orman ürünleri endüstrisinin temel girdilerinden biri durumundaki MDF'de belli oranda zımpara tozunun değerlendirilmesine yönelik araştırmalar hem bu ürünün hammadde kaynaklarını genişletecek hem de fiziksel ve mekanik özelliklerine yeni nitelikler kazandıracaktır.

Zımpara tozu ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Madhoush ve Shahrebabak (2017)'de MDF den ortaya çıkan zımpara tozunu kullanarak polietilenle birleştirip ekstruder yöntemi ile elde edilen üründen biyokompozit levha üreterek fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Dönmez (2011) de "Farklı Lignoselülozik ve Termoplastik Maddelerle Üretilen Odun-Plastik Kompozitlerin Özelliklerinin İncelenmesi" konulu bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, lignoselülozik madde olarak çay fabrikası atığı ve orta yoğunluklu lif levhaların (MDF) zımparalanması sonucu oluşan zımpara tozu ve termoplastik polimer olarak da yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve polipropilen (PP) kullanılarak ekstrüzyon yöntemiyle üretilen odun plastik kompozitlerinin performans özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca Gürgen odununun zımpara tozundan kompozit levha (Narlıoğlu, 2021), bazı lignoselülozik atıkların (MDF tozunu da kullanarak) lif takviyeli çimentolu levha üretiminde değerlendirilmesi konusunda Köse (2016) çalışmalar yapmışlardır.

Bu çalışmanın amacı lif levha üretiminde açığa çıkan tonlarca zımpara tozunun tekrar üretime kazandırılmasıdır. Bilindiği gibi zımpara tozları genellikle kazanlarda yakılarak enerjiye dönüştürülmektedir. Fabrika kaynaklı atıkların geri dönüşüm yolu ile değerlendirilmesi ile yeni alanlar yaratılarak kaynakların rantabl kullanılması hedeflenmektedir. Bu amaçla lif levha zımpara tozları ile MDF üretimi yapılarak bazı fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Deneylerde kullanılan levhaların üretimi için gereken hammadde olan, %70 oranında Kayın ve Meşe, %30 oranında Sarıçam ve Kızılcım odunu yongalarından elde edilen lifler ve MDF zımpara tozu Divapan Entegre AŞ. den temin edilmiştir. Üretimde bağlayıcı olarak % 65'lik üre formaldehit tutkalı, sertleştirici olarak % 33 lük Amonyum klorür (NH_4Cl) kullanılmıştır.

2.2 Metot

Kompozit malzemenin üretiminde zımpara tozu ve lifler belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmıştır. Toz halindeki malzemenin ve liflerin tutkalanması amacıyla kapalı ortamda lif ve zımpara tozları karıştırılarak, pülverizasyon yöntemiyle lif ve zımpara tozu karışımına tutkal püskürtülmüştür. MDF zımpara tozu oranları % 5, 10, 20, 30, 40 ve 50 olarak belirlenmiştir. Üretilen kompozit malzeme kalınlığı 10 mm olarak planlanmıştır. Bu amaçla 42x42 cm ölçülerinde oluşturulan lif taslakları 150°C sıcaklıkta 7 dk süre ile 2.60-2.80 N/mm² basınçta preslenmiştir. Lif levhaların üretim planı ve üre formaldehit tutkalının özellikleri Çizelge 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Levhaların üretim planı

Grup	Lif Oranı (%)	MDF Tozu (%)
A	100	0
B	95	5
C	90	10
D	80	20
E	70	30
F	60	40
G	50	50

Araştırmada deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi TS-EN 326-1 (1999), fiziksel özelliklerden özgül kütle TS-EN 323 (1996), rutubet miktarının tayini TS-EN 322 (1999), su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini TS-EN 317 (1999), deney numunelerinin boyutlarının tayini TS-EN 325 (1999)'e göre yapılmıştır. Mekanik özelliklerden eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülünün tayini TS-EN 310 (1999), levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini TS-EN 319 (1999)'a göre yapılmıştır. Standartlara uygunluğu yönünden orta sertlikte lif levhaların özellikleri TS 64-3 EN 622-3 (2005) ve kuru işlemler için MDF için gerekler için TS-EN 622-5 (2011) standardına göre değerlendirmeler yapılmıştır.

Çizelge 2. Üre formaldehit tutkalının özellikleri

Özellikler	
Katı madde oranı (%)	65
Viskozite (cps)	280
Akma zamanı (sn)	95
pH	8.3-8.5
Yoğunluk (kg/m ³)	1280
Serbest formaldehit oranı (%)	0.14
Jelleşme süresi (sn)	45-49
Depolama süresi (gün)	90

3 Bulgular ve Tartışma

Farklı gruplara ait ortalama rutubet, su alma, kalınlık artımı ve standart sapma değerleri Çizelge 3’te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Levhaların fiziksel özellikleri (ortalama ± standart sapma)

Levha	Yoğunluk (g/cm ³)	Su Alma		Kalınlık Artımı		Rutubet (%)
		2 Saat	24 Saat	2 Saat	24 Saat	
A	0.82±0.03	51.00±10.32	68.65±5.21	14.25±1.67	20.01±0.91	5.58±0.03
B	0.83±0.05	38.98±8.36	64.60±7.93	13.09±1.24	21.55±1.51	5.01±0.58
C	0.81±0.05	54.57±9.31	72.48±4.60	16.05±1.51	21.66±1.96	4.78±0.09
D	0.82±0.02	34.74±5.62	61.34±2.77	12.30±1.28	21.33±1.18	4.50±0.22
E	0.83±0.01	25.32±4.60	49.76±7.80	8.40±0.79	15.64±1.23	4.10±0.07
F	0.80±0.05	23.11±5.75	45.52±11.76	6.71±0.55	13.65±1.24	4.52±0.08
G	0.79±0.06	30.10±8.49	50.31±11.96	7.04±0.43	12.48±0.50	5.05±0.34

Levhalar yoğunluk 0.79-0.83 g/cm³ arasında değişmektedir. Yoğunluk levhanın direnç özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. TS-EN 622-1 (2005)’ye göre levhadaki ortalama yoğunluğa dair tolerans ± %7 olabilir denilmektedir. Ancak levha içerisinde ortalama yoğunluk dağılımı oldukça homojen olup standartlara uygundur.

Odun esaslı malzemelerde rutubet artışı yada azalması havanın bağıl nemi ve sıcaklığına bağlı olarak denge rutubet miktarına kadar devam eder. Ağaç malzeme teknolojisinde bu olaya higroskopik denge rutubeti denilmektedir. 20°C sıcaklıkta ve %65 bağıl nem olan bir ortamda odun %12 rutubet derecesinde dengelenmektedir, buna hava kurusu hal denir. Üretilen levhaların sonuç rutubeti % 4.1-5.6 arasındadır. TS-64-2 EN 622-2 (2005)’e göre rutubet değerleri % 4-9 arasında olması istenmiştir. Buna göre üretilen levha gruplarının sonuç rutubetleri standartlara uygundur.

Kalınlık artımı 2 ve 24 saat suda bekletme sonucunda en düşük G grubu levhalarda %7.04-12.48 ile en yüksek C grubu levhalarda %16.05-21.66 olarak tespit edilmiştir. TS 622-5 (2011) orta sert kuru şartlarda kullanılacak lif levhalar için 24 saatte en fazla % 12 olması gerektiği belirtilmiştir. Buna göre kalınlık artımı 24 saat için A, B, C, D, E gruplarında standart değerden yüksek bulunmuştur. Ancak odun lif oranı azaldıkça, diğer bir deyişle MDF toz oranı arttıkça kalınlık artımında bir azalma olduğu görülmektedir. Çünkü MDF tozu levha içerisinde bağlayıcı rol üstlenmiştir.

Çizelge 4. Deneme levhalarına ait mekanik özellikler

Levha Tipi	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	Yüze Dik Çekme Direnci (N/mm ²)
A	28.16±4.17	3011±252	0.58±0.08
B	35.00±3.43	4031±334	0.72±0.08
C	28.19±3.84	3162±495	0.62±0.08
D	33.47±3.69	3871±301	0.71±0.04
E	30.90±3.06	3587±234	0.74±0.08
F	27.54±3.47	3441±528	0.85±0.08
G	22.77±1.98	2664±300	0.63±0.09

Eğilme direnci en yüksek B grubu levhalarda 35 N/mm², en düşük G grubu levhalarda 22.77 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Burada levha içerisindeki MDF tozu oranı arttıkça eğilme direnci düşmektedir. Ancak %20 oranından sonra eğilme direncinde düşme olduğu görülmüştür. TS-622-5 (2011) orta sert kuru şartlarda kullanılacak 12 mm kalınlığa kadar olan lif levhalar için eğilme direnci minimum 22 N/mm² olması öngörülmüştür. Buna göre tüm levha gruplarında eğilme direnci standartlara uygun olup % 50'ye kadar MDF zımpara tozu uygun karışımlarda kompozit malzeme üretiminde kullanılabilceğini göstermektedir.

Eğilmede elastikiyet modülü, eğilme direncine paralel olarak en yüksek B grubu levhalarda 4031 N/mm², en düşük G grubu levhalarda 2664 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Burada levha içerisindeki MDF tozu oranı arttıkça eğilme direncinde olduğu gibi elastikiyet modülünde de düşme görülmektedir. Ancak %20 oranından sonra elastikiyet modülünde düşme olduğu görülmüştür. TS-622-5 (2011) orta sert kuru şartlarda kullanılacak 12 mm kalınlığa kadar olan lif levhalar için elastikiyet modülü minimum 2500 N/mm² olması öngörülmüştür. Buna göre tüm levha gruplarında elastikiyet modülü standartlara uygun olup %50'ye kadar MDF zımpara tozu uygun karışımlarda kompozit malzeme üretiminde kullanılabilceğini göstermektedir.

Levha gruplarında yüze dik çekme direnci en yüksek F grubu levhalarda 0.85 N/mm², en düşük A grubu levhalarda 0.58 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Burada MDF zımpara tozu oranı arttıkça yüze dik yönde çekme direncini olumlu etkilemiştir. Zımpara tozu poröz yapıdaki boşlukları tamamen doldurması dolayısı ile lifler arasındaki bağlantıyı kuvvetlendirmiştir. Bu durum aynı zamanda fiziksel özelliklerden kalınlık artımını da olumlu yönde etkilemiştir. TS-622-5 (2011) orta sert kuru şartlarda kullanılacak 12 mm kalınlığa kadar olan lif levhalar için yüze dik yönde çekme direnci minimum 0.60 N/mm² olması öngörülmüş olup A grubunda üretilen levhalar hariç diğer tüm gruplarda üretilen levhalar standartlara uygun bulunmuştur.

4 Sonuçlar ve Öneriler

Elde edilen verilere göre MDF zımpara tozu gerek fiziksel ve gerekse mekanik özellikleri bakımından levha içerisinde % 50 oranına kadar kullanımının uygun olduğu görülmüştür. Ağaç malzemeye olan talep gün geçtikçe daha çok artış göstermektedir. Dolayısı ile oluşan talebe bağlı olarak orman kaynaklarında azalma, kaliteli ağaç malzemeye ulaşmada zorluklar ve malzeme fiyatlarında yüksek artışlar yaşanmaktadır. Bu nedenle;

- Her gün tonlarca elde edilen MDF zımpara tozunun yakılarak değil, geri dönüşüm sonucunda tekrar üretimi sağlanarak yeni ve kaliteli ürünlerin kazandırılması hammadde açığında önemli ve etkin bir rol oynayabilir.

- Zımpara tozu, yakılmayarak atmosfere salınmadığı için tekrar üretime kazandırılması ile karbon emisyonunun azaltılmasına katkı sağlaması söz konusudur.
- Özellikle fabrika kaynaklı atıkların geri dönüşüm yoluyla yeni bir kullanım alanı yaratılarak değerlendirilmesi çevre sorunlarının azalmasında, hammadde rezervlerinin korunmasında ve yeni iş kolları ile istihdam alanlarının yaratılarak ekonomik açıdan kalkınmada önemli katkılar sağlayabilir. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de bu konu ile ilgili yapılan araştırmalar ve akademik çalışmalar her geçen gün büyük önem kazanmaktadır.
- Fabrika zımpara toz atıklar kullanılarak üretilen çevre dostu ve sürdürülebilir özellikteki kompozit malzemeler mobilya üretiminde kullanılabilir yeterli direnç özelliklerine sahiptir. Buna göre MDF zımpara tozunun levha üretiminde değerlendirilmesi ile ülkemizdeki hammadde kaynaklarının daha rasyonel ve amacına uygun olarak kullanımına katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi araştırma projeleri yönetim birimi başkanlığı tarafından 2022.02.03.1297 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Yazar Katkıları

Cengiz Güler: Araştırma konusunun belirlenmesi, Laboratuvar çalışmalarının yapılması, verilerin elde edilmesi, **Vural Doğan:** Laboratuvar çalışmalarının yapılması, verilerin elde edilmesi, makalenin yazılması.

Kaynaklar

- Dayanıklıoğlu, S., (2004) Türkiye’de Lif Levha ve Yonga Levha Sektörünün Durumu, Avrupa Birliği Ülkeleriyle Karşılaştırılması, Problemleri ve Çözüm Yolları., İ.Ü. Fen Bil. Enst. Y. Lisans Tezi
- Dönmez, A., (2011) Farklı Lignoselülozik ve Termoplastik Maddelerle Üretilen Odun-Plastik Kompozitlerin Özelliklerinin İncelenmesi, Y Lisans tezi, KTÜ Fen Bil. Ens.
- Eroğlu, H., (1998) Lif Levha Endüstrisi Ders Notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon
- Eroğlu, H., Usta, M. (2000) Lif levha Üretim Teknolojisi, KTÜ Orman Fakültesi, Yayın No:30, Trabzon
- İstek, A., Kızılkaya Özsoylu İ., Kızılkaya A., (2017), Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi, *Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 1(19), 132-138.
- ISO 818 (1975) Fibre Building Boards - Definition - Classification
- Köse H. (2016) Bazı lignoselülozik atıkların (MDF tozunu da kullanarak) lif takviyeli çimento levha üretiminde değerlendirilmesi, *KSÜ Fen Bilimleri Ens. Y. Lisans Tezi*
- Madhoushi, M., Shahrehabak, A. B. (2017) Mechanical and Physical Properties of Green Biocomposite Based on Medium Density Fiberboard Sanding Powder/Polyethylene/Nanoclay, *J Polym Environ* 25:221–228

- Narlıoğlu N, (2021) Gürgen (*Carpinus betulus L.*) odunu zımpara tozunun termoplastik kompozit üretiminde değerlendirilmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 9-18
- TS EN 316 (2011) Odundan mamul lif levhalar - Tarifler, sınıflandırma ve semboller.
- TS EN 326-1 (1999) Ahşap Esaslı Levhalar - Numune Alma Kesme ve Muayene Bölüm 1: Deney Numunelerinin Seçimi, Kesimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi
- TS EN 323 (1999) Ahşap Esaslı Levhalar – Birim Hacim Ağırlığının Tayini
- TS EN 322 (1999) Ahşap Esaslı Levhalar – Rutubet Miktarının Tayini
- TS EN 317 (1999) Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığına Şişme Tayini
- TS EN 325 (1999) Ahşap Esaslı Levhalar – Deney Numunelerinin Boyutlarının Tayini
- TS 4894 EN 120 (1999) Ahşap Esaslı Levhalar – Formaldehit Miktarının Tayini
- TS EN 310 (1999) Ahşap Esaslı Levhalar - Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini
- TS EN 319 (1999) Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini
- TS 64-1 EN 622-1 (2005) Lif levhalar - Özellikler - Bölüm 1: Genel Özellikleri
- TS 64-2 EN 622-2 (2005) Lif levhalar - Özellikler - Bölüm 2: Sert Levhaların Özellikleri
- TS 64-3 EN 622-3 (2005) Lif Levhalar - Özellikler - Bölüm 3: Orta sert levhaların özellikleri
- TS EN 622-5 (2011) Lif Levhalar- Özellikler - Bölüm 5: Kuru İşlemlerle Levhalar (MDF) İçin Gereklere.
- URL-1 (2019) FAOSTAT, <https://www.fao.org/forestry/statistics/80570/en/>



Isıl işlem görmüş Hindistan cevizi odununda bazı yüzey özelliklerinin incelenmesi

Ümit Ayata* 

Öz

Bu çalışmada, Hindistan cevizi (*Cocos nucifera* L.) ahşabına uygulanmış olan 200°C'de 3 saat süre ile yapılan ısıl işlem sonrasında meydana gelen bazı yüzey özellikleri [renk (ΔL^* , Δb^* , Δa^* , L^* , b^* , a^* , ΔC^* , ΔE^* , C^* ve h^0), parlaklık (20°, 60° ve 85°'de liflere paralel (\parallel) ve dik (\perp)) ve shore D sertlik] araştırılmıştır. Buna ek olarak, ısıl işlemsiz örneklerde de farklı numaralı zımparaların uygulanması sonrasında meydana gelen yüzeylerdeki değişiklikler de belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, ısıl işlem sonrasında shore D sertlik değerinin, 20°, 60° ve 85°'de liflere paralel ve dik parlaklık değerlerinin ile L^* , a^* , b^* , C^* parametrelerinin azaldığı ve h^0 açısının ise arttığı belirlenmiş, buna ek olarak; ΔH^* : 13.87, ΔL^* : -14.21, Δb^* : 18.40, Δa^* : -7.93, ΔC^* : -14.45 ve ΔE^* : 24.57 olarak elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarında ise R_a parametre değerleri 80, 100, 120, 150, 180 ve 220 numaralı zımparalarda sırası ile 8.498 μm , 7.429 μm , 6.600 μm , 5.332 μm , 4.188 μm ve 3.452 μm olarak bulunmuştur. Zımpara numarasının artması ile pürüzlülük parametrelerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Cocos nucifera* L., ısıl işlem, parlaklık, renk, shore D sertlik

Investigation of some surface properties of heat treated coconut wood

Abstract

In this study, some surface properties [color (ΔL^* , Δb^* , Δa^* , L^* , b^* , a^* , ΔC^* , ΔE^* , C^* and h^0), glossiness (parallel (\parallel) and perpendicular (\perp) to fibers at 20°, 60° and 85°) and shore D hardness] that occur after heat treatment applied to coconut (*Cocos nucifera* L.) wood at 200°C for 3 hours were investigated. In addition, the changes in the surfaces that occurred after the application of different numbered abrasives were also determined in the samples without heat treatment. According to the results of the research, it was determined that the shore D hardness value, gloss values parallel and perpendicular to the fibers at 20°, 60° and 85°, L^* , a^* , b^* , C^* parameters decreased and the h^0 angle increased after the heat treatment. In addition; obtained as ΔH^* : 13.87, ΔL^* : -14.21, Δb^* : 18.40, Δa^* : -7.93, ΔC^* : -14.45, and ΔE^* : 24.57. In the surface roughness results, the R_a parameter values were found to be 8.498 μm , 7.429 μm , 6.600 μm , 5.332 μm , 4.188 μm , and 3.452 μm for the abrasives numbered 80, 100, 120, 150, 180 and 220, respectively. It was determined that the roughness parameters decreased with the increase of the sanding number.

Keywords: *Cocos nucifera* L., colour, glossiness, heat treatment, shore D hardness

1. Giriş

Hindistan cevizi (*Cocos nucifera* L.) ağacı çoğunlukla besinsel ve tıbbi değerler olduğu için yetiştirilen bir ağaçtır (DebMandal ve Mandal, 2011).

Hindistan cevizi, Coccoideae alt ailesi olan Areceaceae (Palmae) ailesine aittir. Esas olarak iki farklı Hindistan cevizi grubu vardır (uzun boylu ve cüce). Uzun çeşitleri yavaş büyümektedir ve ekim uygulamasından sonra 6 ila 10 yıl sonra meyve vermektedir (Anonim, 2007).

Hindistan cevizi çok yönlü kullanımlara sahiptir (Anoop ve ark., 2012). Kromozom sayısı $2n = 32$ 'dir (Teulat ve ark., 2000). Hindistan cevizi palmyesi içi en iyi saf kumda, genellikle kıyı bölgelerinde büyür. Okyanus plajlarının yüksek tuz konsantrasyonunu tolere ederler, ancak nemli bir iklime ve bol güneş ışığına ihtiyaç duyarlar. Bitki Gana, Fildişi Sahili, Kenya, Nijerya, Mozambik, Togo, Somali, Seyşeller, Madagaskar Cumhuriyeti ve Tanzania'da önemli bir üründür (Iwu, 2014).

Yüksek yoğunluklu Hindistan cevizi ağacı direkler, elektrik ve telekomünikasyon direkleri, makaslar, yer karoları, korkuluklar ve diğer yük taşıyıcı yapıların inşasında, orta yoğunluklu ağacı, duvar, tavan kirişleri ve kapı - pencere çerçevelerinin inşasında ve düşük yoğunluklu ahşabı ise, binanın iç kısımları için pano şeklinde tavan ve duvar kaplaması olarak kullanılır (Anoop ve ark., 2012).

Bu ağaçta inorganik saf kül %0.75, silika %0.07, holoselüloz %66.70, lignin %25.10, pentozanlar %22.90, nişasta %4.45 ve pH değeri 6.20'dir (Romulo ve Arancon, 1997; Gibe, 1985; Poulter ve Hopewell, 2010). Bu ağacın yapraklarında yapılan kimyasal analiz sonrasında ksilan %20.30, kül %5.6, asetonla ekstraksiyon %4.40 ve heksanda ekstraksiyon %3.40 olarak belirlenmiştir (Das ve ark., 2015).

Hindistan cevizi odununda; hava kuru yoğunluğu 400 kg/m^3 , tam kuru yoğunluğu 460.00 kg/m^3 , radyal yönde daralma %5.46, teğet yönde daralma %5.50, boyuna yönde daralma %5.25, eğilme direnci 27.30 N/mm^2 , elastikiyet modülü 2374.00 N/mm^2 , liflere dik basınç direnci 9.28 N/mm^2 ve liflere paralel basınç direnci 12.41 N/mm^2 (Rana ve ark., 2015) olarak bulunmuştur.

Hindistan cevizi palmye kerestelerinin, bir inşaat malzemesi olarak benzer özgül ağırlığa sahip masif ahşapla ticari olarak rekabetçi olmadığı bildirilmiştir (Ramos ve Miciano, 1966).

Hindistan cevizi ağacı dayanıklı değildir. Kurutma sırasında herhangi bir mantar, küf veya böcek saldırısını önlemek için, istifledikten önce daldırma işlemi gereklidir. İç mekânda kullanılan kereste düşük yoğunluklu ise (örneğin: duvar kaplamaları veya mobilya için) sadece işleme görmelidir. Bu durumda böceklere karşı bir bor muamelesi tavsiye edilir (Killmann ve Fink, 1996).

Ağaca ait ahşabının avantajları; odun sert ve dayanıklıdır ve ahşabın hacimsel daralmaları çoğunlukla daha azdır. Ağaç dallanmamıştır ve bu nedenle ahşap budak içermez. Koyu kahverengi damarları olan farklı kahverengi tonlarına sahiptir. Diri odun ve öz odun ayırt edilemez. Daha eski vasküler demetler gövdenin dış çevresinde bulunur ve yüksek mukavemet ve elastikiyet vermektedir (Killmann, 1983).

Bu çalışmada, Hindistan cevizi (*Cocos nucifera* L.) ahşabına uygulanmış olan 200°C 'de 3 saat süre ile yapılan ısı işlem sonrasında oluşan bazı yüzey özellikleri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada, Hindistan cevizi (*Cocos nucifera* L.) odunları kullanılmıştır. Ahşap malzemeler Mersin’de bulunan bir keresteciden satın alınma yöntemi ile alınmıştır. Daha sonra, ahşap malzemeler üzerinde iklimlendirme işlemleri (20±2°C ve %65 bağıl nem şartları) yapılmıştır (ISO 554, 1976).

2.2. Metot



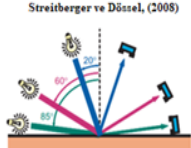

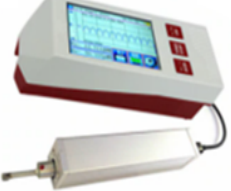
2.2.1. Isıl İşlem Uygulaması

Hindistan cevizi malzemelerine 200°C’de 3 saat süre ile yapılan ısıtma işlemi uygulanmıştır.

2.2.2. Testler

Araştırmada ısıtma işlemli ve işlemli örnekler üzerinde belirlenmiş olan testlere ait önemli bilgiler Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada yapılan testlere ait önemli bilgiler

Test	Ekipmanın Resmi - Test Hakkında Bilgi			
<p>Renk Parametrelerine Ait Ölçümler [Standart: ASTM D2244-3 (2007)]</p>		<p>CS-10 colorimeter renk cihazında (CHN Spec, Çin) [CIE 10° standart gözlemci; 8/d (8°/dağılık aydınlatma), CIE D65 ışık kaynağı,]</p> <p>CIE $L^*a^*b^*$ sistemi, aydınlatma için L^* ve $+L^*$ ve karartma için $-L^*$ ile ve kromatiklik, kırmızı için $+a^*$, yeşil için $-a^*$, sarı için $+b^*$ ve mavi için $-b^*$ olmak üzere a^* ve b^* koordinatlarıdır (Cui ve Matsumura, 2020). ΔL^*, Δa^*, Δb^* ile L^*, a^* ve b^*’deki maruz kalmayan ve maruz kalan aralık değerleri arasındaki ilgili değişikliklerdir. C^* değeri rengi, ΔC^* değeri renk farkını göstermektedir. ΔE^* toplam renk farkı değerini tanımlar ve ΔH^* değeri renk tonu farkını belirtmektedir (Robertson, 1977; Tolvaj ve Faix, 1995).</p> $\Delta a^* = [a^*_{\text{ısıtma}} - a^*_{\text{ısıtma}}] \quad (1)$ $\Delta L^* = [L^*_{\text{ısıtma}} - L^*_{\text{ısıtma}}] \quad (2)$ $\Delta b^* = [b^*_{\text{ısıtma}} - b^*_{\text{ısıtma}}] \quad (3)$ $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (4)$ $C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (5)$ $\Delta C^* = [C^*_{\text{ısıtma}} - C^*_{\text{ısıtma}}] \quad (6)$ $h^\circ = \arctan [b^*/a^*] \quad (7)$ $\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{1/2} \quad (8)$		
<p>Parlaklık Ölçümü [Standart: ISO 2813 (1994)]</p>			<p>ETB-0833 model gloss meter cihazında (Vetus Electronic Technology Co., Ltd., CN), 20°, 60° ve 85°’de liflere paralel (//) ve dik (⊥) olarak parlaklık ölçümleri yapılmıştır.</p>	
<p>Shore D Sertlik Ölçümü [Standart: ASTM D 2240 (2010)]</p>		<p>Girinti Geometrisi/ Malzemesi Küresel kapaklı Kesik koni $R_o = 1.25$ mm $R = 0.1$ mm</p>	<p>Test Kuvveti/ Girinti Derinliği $0 \text{ N} \leq F \leq 44.5 \text{ N}$ $0 \text{ mm} \leq h \leq 2.5 \text{ mm}$</p>	<p>Shore D sertlik değeri (Stand: model Ld-J Loyka ve Durometer: Shenzhen Yibai Network Technology Co., Ltd., Guangdong, Çin) cihazında 5 kg’lık yük uygulamalı olacak şekilde 10 ölçüm alınarak yapılmıştır.</p>
<p>Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü [Standart: ISO 16610-21 (2011)]</p>		<p>10 cm x 10 cm x 1 cm boyutlarında hazırlanan deney örnekleri üzerinde yüzey pürüzlülüğü parametrelerine (R_a, R_z ve R_q) ait ölçümleri, 80, 100, 120, 150, 180 ve 220 numaralı zımparaların kullanılması sonrasında elde edilen yüzeylerde liflere dik yönde, örnek uzunluğu 2.5 mm ve örnek uzunluk sayısı (cut-off) 5 olacak şekilde JD 520 model pürüzlülük test (Beijing Jitai Tech Detection Device Co., Ltd., Çin) cihazının kullanılması ile gerçekleştirilmiştir.</p>		

Çizelge 2’de verilen Barański ve ark., (2017) tarafından renk değişim kriterleri ile bu çalışmada elde edilen ΔE^* değerlerine ait sonuçlar kıyaslanmış sonuçlar Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 2. Renk değişimi kriterlerine ait bilgiler (Barański ve ark., 2017)

Gözlem Sonucuna Göre Verilen Kriter İfadesi	▶	ΔE^* Değeri
Görünmez renk değişimi	▶	$\Delta E^* < 0.2$
Hafif renk değişimi	▶	$2 > \Delta E^* > 0.2$
Yüksek filtrede görünür renk değişimi	▶	$3 > \Delta E^* > 2$
Filtrenin ortalama kalitesiyle görülebilen bir renk değişimi	▶	$6 > \Delta E^* > 3$
Yüksek renk değişimi	▶	$12 > \Delta E^* > 6$
Farklı renk	▶	$\Delta E^* > 12$

2.3. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada, bir SPSS programı yardımıyla varyasyon katsayıları, standart sapmalar, homojenlik grupları, minimum ve maksimum değerleri ve ortalama değerleri hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Isıl işlem öncesi ve sonrasında yapılan testlere ait ölçüm sonuçları Çizelge 3’de gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, 200°C’de 3 saatlik ısıl işlem uygulaması ile ahşap malzemede, shore D sertlik değeri, liflere paralel ve dik parlaklık (20°, 60° ve 85°’de) değerleri ile L^* , a^* , b^* ve C^* parametreleri azalırken ve h° açısı değeri artmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Isıl işlem öncesi ve sonrasına ait olan parlaklık, renk ve shore D sertlik sonuçları

Malzemeler	Test	İşlem	N	X	Değişim (%)	HG	SS	Mini-mum	Maksi-mum	COV
A: Isıl İşlemsiz	20°’de Liflere Dik Parlaklık	Kontrol	10	0.20	↓50.00	A*	0.00	0.20	0.20	0.00
		Isıl işlemlili	10	0.10		B	0.00	0.10	0.10	0.00
	60°’de Liflere Dik Parlaklık	Kontrol	10	1.92	↓29.69	A*	0.09	1.80	2.10	4.79
		Isıl işlemlili	10	1.35		B	0.33	1.00	1.80	24.75
	85°’de Liflere Dik Parlaklık	Kontrol	10	1.88	↓45.21	A*	0.33	1.60	2.30	17.52
		Isıl işlemlili	10	1.03		B	0.46	0.50	1.60	45.09
	20°’de Liflere Paralel Parlaklık	Kontrol	10	0.20	↓50.00	A*	0.00	0.20	0.20	0.00
		Isıl işlemlili	10	0.10		B	0.00	0.10	0.10	0.00
	60°’de Liflere Paralel Parlaklık	Kontrol	10	2.40	↓25.83	A*	0.21	2.00	2.70	8.56
		Isıl işlemlili	10	1.78		B	0.20	1.40	1.90	11.48
	85°’de Liflere Paralel Parlaklık	Kontrol	10	7.78	↓47.04	A*	0.20	7.40	7.90	2.63
		Isıl işlemlili	10	4.12		B	0.65	3.20	4.80	15.89
	Shore D Sertlik Değerleri	Kontrol	10	74.70	↓19.01	A*	2.83	73.00	80.00	3.79
		Isıl işlemlili	10	60.50		B	2.99	58.00	66.00	4.94
	Işıklılık (L^*) Değeri	Kontrol	10	43.33	↓32.79	A*	0.78	42.31	44.62	1.81
		Isıl işlemlili	10	29.12		B	0.30	28.73	29.57	1.03
	Kırmızı Renk (a^*) Tonu Değeri	Kontrol	10	10.40	↓76.25	A*	0.62	9.60	11.64	5.93
		Isıl işlemlili	10	2.47		B	0.34	2.09	3.21	13.68
Sarı Renk (b^*) Tonu Değeri	Kontrol	10	18.40	↓66.25	A*	0.57	17.73	19.75	3.11	
	Isıl işlemlili	10	6.21		B	0.42	5.91	7.16	6.82	
Kroma (C^*) Değeri	Kontrol	10	21.14	↓68.35	A*	0.69	20.54	22.92	3.27	
	Isıl işlemlili	10	6.69		B	0.48	6.30	7.85	7.16	
h° Açısı Değeri	Kontrol	10	60.52	↑12.87	A	1.29	59.08	62.64	2.13	
	Isıl işlemlili	10	68.31		B*	2.19	65.85	71.56	3.20	

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalamalar, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu, COV: Varyasyon Katsayısı,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir.

Ayrıca, ΔL^* : -14.21, Δa^* : -7.93, Δb^* : 18.40, ΔC^* : -14.45, ΔH^* : 13.87 ve ΔE^* : 24.57 olarak elde edilmiş olup, Barański ve ark., (2017) tarafından belirtilen renk değiştirme kriterleri ile bu çalışma sonuçları kıyaslandığında “*farklı renk*” sonucunun elde edildiği görülmektedir (Çizelge 4).

Literatürde ahşap malzemelere uygulanan ısıl işlem sonrasında a^* , L^* ve b^* değerlerinin değiştiği bildirilmiştir (Şahin ve Ayata, 2018; Ayata ve Bal, 2021b; Türk, 2021; Ayata, 2020). Isıl işlem uygulamasından sonra ahşap malzemedeki renk değişiminin nedenini hemiselülozların bozulma reaksiyonlarıyla alakalı olduğu şeklinde ifade edilmiştir (Poncsak ve ark., 2006; Esteves ve ark., 2008).

Çizelge 4. Toplam renk farkı değerlerine ait sonuçları

ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk değiştirme kriterleri (Barański ve ark., 2017)	
-14.21	-7.93	18.40	-14.45	13.87	24.57	Farklı renk ►	$\Delta E^* > 12$

Literatürde, 200°C’de 3 saat yapılan ısıl işlem sonrasında belirlenmiş olan shore D sertlik testlerinde sertlik kayıpları; kırmızı karaağaç için %18.02 (Ayata ve Bal, 2021a), kopie için %7.34, fukadi için %7.62, porsuk için %6.79 (Ayata ve Bal, 2021b), eyong için %16.51, jequitiba için %14.15, koto için %12.22 (Türk, 2021) olarak bulunduğu bildirilmiştir.

Sertlik değerinin ağaç türünden ağaç türüne farklılıklar göstermektedir (Şanıvar ve Zorlu, 1980). Dumail ve ark., (1998), çentik açma aletinin şekli, yükleme hızı, penetrasyon derinliği ve büyük olasılıkla test sırasında ahşap kırılmasının nasıl meydana geldiği sertlik sonuçlarını önemli ölçüde etkilediğini bildirmiştir.

Yüzey pürüzlülüğü parametrelerine ait olan varyans analizi sonucu Çizelge 5’de gösterilmektedir. Çizelge 5 incelendiğinde, “zımpara numarasının” yüzey pürüzlülüğü R_z , R_a ve R_q parametreleri için anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 5. Yüzey pürüzlülüğü parametreleri için varyans analizi sonucu

Test	Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
R_a	Zımpara Numarası	5	188.243	37.649	628.567	0.000*
	Hata	54	3.234	0.060		
	Toplam	60	2291.669			
	Düzeltilmiş Toplam	59	191.477			
R_q	Zımpara Numarası	5	280.730	56.146	519.009	0.000*
	Hata	54	5.842	0.108		
	Toplam	60	3906.226			
	Düzeltilmiş Toplam	59	286.571			
R_z	Zımpara Numarası	5	4762.990	952.598	312.838	0.000*
	Hata	54	164.431	3.045		
	Toplam	60	103539.025			
	Düzeltilmiş Toplam	59	4927.421			

*: Anlamlı

Yüzey pürüzlülüğü parametrelerine (R_a , R_z ve R_q) ait sonuçları Çizelge 6’da gösterilmektedir. En yüksek pürüzlülük R_z , R_a ve R_q parametrelerine bakıldığında 80 numaralı zımpara ile zımparalanmış örneklerde tespit edilirken, en düşük R_z , R_a ve R_q parametreleri 220 numaralı zımpara ile zımparalanmış örneklerde elde edilmiştir. Pürüzlülük parametrelerine (R_a , R_z ve R_q) ait değerlerinin, zımpara numarasının büyümesi (80’den 220’ye doğru) ile azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 6).

Yüzey pürüzlülüğü ahşabın sıvılarla ıslanmasını etkiler (Liptáková ve ark., 1995; 2000) ve yüzey işleme veya yapıştırma bağlamında, daha yüksek pürüzlülük aynı zamanda yüzey kaplama malzemesi veya yapıştırıcı için daha yüksek masraflar anlamına gelmektedir (Kúdela ve Ihrický, 2014).

Ahşabın pürüzlülüğü, yapıştırıcının ahşaba girişini ve bağ oluşumunu etkiler. Daha pürüzlü ahşap yüzeyler, daha pürüzsüz yüzeylere kıyasla daha güçlü yapışma mukavemetine sahiptir (Zhong, 2021). Zhong, (2021) tarafından pürüzlülüğün, yüzeyin estetiğini, elektriksel iletkenliğini, yağlamayı, ısı iletimini, ışık yansımalarını, aşınma direncini (Bolelli ve ark., 2010), sürtünmeyi, korozyon direncini (Zahrani ve Alfantazi, 2012; Khorsand ve ark., 2018) ve yorulma ömrünü etkileyen yüzey kalitesinin önemli bir göstergesi olduğu şeklinde bildirilmiştir (Sangwan ve ark., 2015; Pontes ve ark., 2016; Ghosh ve ark., 2019).

Çizelge 6. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerine (R_q , R_a ve R_z) ait sonuçlar

Test	Zımpara Numarası	Ölçüm Sayısı	Ortalama (μm)	Değişim (%)	Standart Sapma	Homojenlik Grubu	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
R_a	80	10	8.498	-	0.35	A*	7.995	9.133	4.07
	100	10	7.429	↓12.58	0.23	B	7.081	7.767	3.16
	120	10	6.600	↓11.16	0.29	C	6.178	6.950	4.34
	150	10	5.332	↓19.21	0.18	D	5.066	5.570	3.41
	180	10	4.188	↓21.46	0.16	E	3.922	4.413	3.86
	220	10	3.452	↓17.57	0.21	F**	3.221	3.873	6.03
R_q	80	10	10.972	-	0.52	A*	10.366	11.801	4.77
	100	10	9.586	↓12.63	0.30	B	9.038	9.981	3.12
	120	10	8.396	↓12.41	0.33	C	7.921	8.840	3.91
	150	10	7.228	↓13.91	0.25	D	6.858	7.532	3.40
	180	10	5.815	↓19.55	0.21	E	5.547	6.109	3.53
	220	10	4.605	↓20.81	0.27	F**	4.234	4.987	5.94
R_z	80	10	54.687	-	3.04	A*	51.017	60.212	5.56
	100	10	47.733	↓12.72	0.81	B	46.434	48.959	1.69
	120	10	42.033	↓11.94	0.56	C	41.124	42.941	1.33
	150	10	37.960	↓9.69	1.54	D	36.004	40.366	4.05
	180	10	32.707	↓13.84	1.45	E	30.458	34.960	4.42
	220	10	28.123	↓14.02	1.90	F**	24.831	30.970	6.77

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

4. Sonuçlar ve Öneriler

Çalışmada sonunda elde edilen verilere göre;

- Hindistan cevizi odununda ısıl işlem ile renk, parlaklık ve shore D sertlik özelliklerinin değiştiği görülmüştür. Buna ek olarak ısıl işlemsiz numunelerde yapılan yüzey pürüzlülüğü sonuçlarında ise zımpara numarasının artması ile parametrelerin azaldığı yüzeyde düzgün bir sonucun elde edildiği de belirlenmiştir.
- Hindistan cevizi odunu üzerine bundan sonra yapılan çalışmalarda, farklı vernik türlerinin uygulanması ve elde edilecek katmanlara ait testlerin yapılması önerilmektedir.

Yazar Katkısı

Ümit Ayata: Araştırma konusunun belirlenmesi, laboratuvar çalışmalarının planlanması ve yapılması, verilerin elde edilmesi, makalenin yazılması, makalenin yayınlanması.

Kaynaklar

- Anonim, (2007), Report on copra, National Multi-commodity Exchange of India Limited; 1-14.
- Anoop, E.V., Sheena, V.V., Aruna, P., Ajayghosh, V., (2012), Processing and utilization of coconut wood in Kerala, *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 8(2), 76-79. DOI: 10.1007/s13196-012-0044-9.
- 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.
- Ayata, Ü., (2020), Ayous odununun bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi ve ısıl işleminden sonra renk ve parlaklık özellikleri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 22-33. DOI: 10.33725/mamad.724596.

- Ayata, Ü., Bal, B.C., (2021a), 200°C’de ısıtıl işlem görmüş kırmızı karaağaç (*Ulmus rubra*) odununda bazı yüzey özelliklerinin ve shore D sertlik değerinin araştırılması, 5. Asya Pasifik Uluslararası Modern Bilimler Kongresi, 16-18 Temmuz 2021 Sydney, Avustralya, 258-270.
- Ayata, Ü., Bal, B.C., (2021b), Kopie, fukadi ve porsuk ağaç türlerinde renk, parlaklık ve shore D sertlik üzerine ısıtıl işlemin etkisi, Hoca Ahmet Yesevi, 5. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 5-6 Kasım 2021 Nahçıvan Devlet Üniversitesi, Azerbaycan, 166-180.
- Barański, J., Klement, I., Vilkovská, T., Konopka, A., (2017), High temperature drying process of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) with different zones of sapwood and red false heartwood. *BioResources*, 12(1), 1861-1870. DOI: 10.15376/biores.12.1.1861-1870.
- Bolelli, G., Bonferroni, B., Cannillo, V., Gadow, R., Killinger, A., Lusvarghi, L., Rauch, J., Stiegler, N., (2010), Wear behaviour of high velocity suspension flame sprayed (HVSFS) Al₂O₃ coatings produced using micron- and nano-sized powder suspensions, *Surface and Coatings Technology*, 204(16-17), 2657-2668. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2010.02.018.
- Cui, X., Matsumura, J., (2020), Weathering behaviour of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. under natural conditions. *Forests*, 11, 1326. DOI: 10.3390/f11121326.
- Das, A.K., Nakagawa-izumi, A., Ohi, H., (2015), Evaluation of pulp quality of three non-wood species as alternative raw materials for paper production, *Japan Tappi Journal*, 69(5), 80-86. DOI: 10.2524/jtappij.1501.
- DebMandal, M., Mandal, S., (2011), Coconut (*Cocos nucifera* L.: Areaceae): In health promotion and disease prevention, *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 241-247.
- Dumail, J.-F., Castéra, P., Morlier, P., (1998), Hardness and basic density variation in the juvenile wood of maritime pine, in: *Annales des Sciences Forestières*, EDP Sciences, 911-923.
- Esteves, B., Marques, A.V., Domingos, I., Pereira, H., (2008), Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood, *Wood Science and Technology*, 42(5), 369-384. DOI: 10.1007/s00226-007-0157-2.
- Ghosh, G., Mandal, P., Mondal, SC., (2019), Modeling and optimization of surface roughness in keyway milling using ANN, genetic algorithm, and particle swarm optimization, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 100, 1223-1242. DOI: 10.1007/s00170-017-1417-4.
- Gibe, Z.C., (1985), The Philippines’ recommendations for coconut timber utilization. Philippine Coconut Authority, PCARRD, Philippines.
- ISO 16610-21, (2011), Geometrical Product Specifications (GPS) - Filtration - Part 21: Linear Profile Filters: Gaussian Filters, Standard.
- 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.

- Iwu, M.M., (2014), Handbook of African Medicinal Plants, Second Edition, CRC Press; 2 edition, February 4, 506 Pages, ISBN 9781466571976.
- Khorsand, S., Sheikhi, A., Raeissi, K., Golozar, M.A., (2018), Hot corrosion behavior of Inconel 625 superalloy in eutectic molten nitrate salts, *Oxidation of Metals*, 90, 169-186. DOI: 10.1007/s11085-017-9830-5.
- Killmann, W., (1983), Some physical properties of the coconut palm stem, *Wood Science and Technology Journal*, 17, 167-185.
- Killmann, W., Fink, D., (1996), Coconut palm stem processing, Protrade, Eschborn.
- Kúdela, J., Ihracký, P., (2014), Influence of diverse conditions during accelerated ageing of beech wood on its surface roughness. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 56(2), 37-46.
- Liptáková, E., Kúdela, J., Bastl, Z., Spirovová, I., (1995), Influence of mechanical surface treatment of wood the wetting process, *Holzforschung*, 49(4), 369-375.
- Liptáková, E., Kúdela, J., Sarvaš, J., (2000), Study of the system wood - coating material. I. wood - liquid coating material, *Holzforschung*, 54(2), 189-196.
- Poncsak, S., Kocafe, D., Bouazara, M., Pichette, A., (2006), Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*), *Wood Science and Technology*, 40(8), 647-663. DOI: 10.1007/s00226-006-0082-9.
- Pontes, F.J., Amorim, G.F., Balestrassi, P.P., Paiva, A.P., Ferreira, J.R., (2016), Design of experiments and focused grid search for neural network parameter optimization, *Neurocomputing*, 186, 22-34. DOI: 10.1016/j.neucom.2015.12.061.
- Poulter, R., Hopewell, G., (2010), Secondary cocowood products, Potting mix., (DEEDI), Brisbane, Australia.
- Ramos, A.N.J.R., Miciano, R.J., (1966), The mechanical properties of coconut palm (*Cocos nucifera* L.), Report. FPRDI.
- Rana, M.N., Das, A.K., Ashaduzzaman, M., (2015), Physical and mechanical properties of coconut palm (*Cocos nucifera*) stem, *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 50(1), 39-46.
- Robertson, A.R., (1977), The CIE 1976 color-difference formulae, *Color Research & Application*, 2, 7-11.
- Romulo, N., Arancon, Jr., (1997), Asia Pacific forestry sector outlook: Focus on coconut wood, Forestry Police and Planning Division, Rome, Regional office for Asia and the Pacific, Bangkok.
- Sangwan, K.S., Saxena, S., Kant, G., (2015), Optimization of machining parameters to minimize surface roughness using integrated ANN-GA approach, *Proc CIRP*, 29, 305-310. DOI: 10.1016/j.procir.2015.02.002.
- Streitberger, H.-J., Dössel, K.-F., (2008), Automotive Paints and Coatings, Wiley-VCH, Weinheim.
- Şahin, S., Ayata, Ü., (2018), Teak, black ebony ve wenge ağaç türlerinde renk ve parlaklık özellikleri üzerine ısı işleminin (ThermoWood metot) etkisi, Multidisipliner Çalışmalar-3 (Sağlık ve Fen Bilimleri), Gece Kitaplığı Yayınevi, Birinci Basım, Ocak 2018, Editörler: Rıdvan KARAPINAR, Murat A. KUŞ, Ankara, Türkiye, 323-334. ISBN: 978-605-288-223-8.

- Şanıvar, N., Zorlu, İ., (1980), Ağaç işleri gereç bilgisi temel ders kitabı, Mesleki Ve Teknik Öğretim Kitapları, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, Etüd ve Programlama Dairesi Yayınları No: 43, 472 sayfa.
- Teulat, B., Aldam, C., Trehin, R., Lebrun, P., Barker, J.H.A., Arnold, G.M., Karp, A., Baudouin, L., Rognon, F., (2000), An analysis of genetic diversity in coconut (*Cocos nucifera*) populations from across the geographic range using sequence-tagged microsatellites (SSRs) and AFLPs, *Theoretical and Applied Genetics*, 100(5), 764-771.
- Tolvaj, L., Faix, O., (1995), Artificial ageing of wood monitored by DRIFT spectroscopy and CIE $L^*a^*b^*$ color measurements. I. Effect of UV light. *Holzforschung*, 49, 397-404.
- Türk, M., (2021), Eyong, jequtiba ve koto ağaç türlerinde renk, parlaklık ve shore D sertlik değerleri üzerine ısıtıl işlemin etkisi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 51-60. DOI: 10.33725/mamad.928381.
- Zahrani, E.M., Alfantazi, A.M., (2012), Molten salt induced corrosion of Inconel 625 superalloy in $PbSO_4$ - Pb_3O_4 - $PbCl_2$ - Fe_2O_3 - ZnO environment, *Corrosion Science*, 65, 340-359. DOI: 10.1016/j.corsci.2012.08.035.
- Zhong, Z.W., (2021), Surface roughness of machined wood and advanced engineering materials and its prediction: A review, *Advances in Mechanical Engineering*, 13(5), 1-19. DOI: 10.1177/16878140211017632.



Effects of heat treatment on surface roughness and bonding strength of wood material

Osman Perçin*^{ID}

Abstract

The purpose of this paper is to determine the effects of heat treatment on some properties of black pine (*Pinus nigra* A.) and larex (*Larix decidua*), woods. For this purpose, test samples were heat treated at 140, 160, 180 and 200°C for 2 and 5 hours. The air-dried density, equilibrium moisture content (EMC), surface roughness and bonding strengths of the test samples were analyzed. The average surface roughness parameter (*Ra*) was analyzed parallel to the grains. The results indicated significant differences depending on the wood species, heat treatment temperatures and treatment times. Based on the findings in this study, all parameters decreased depending on the heat treatment conditions. The density and EMC values of the control specimens were higher than the heat-treated samples. Also the surface roughness values obtained in black pine samples were higher than larex samples. On the other hand, bonding strength values obtained in larex samples were significantly higher than that of black pine samples. These parameters should be taken into account in the application areas of heat-treated wood material, the usage amount of which is constantly evolving in the woodworking industry.

Keywords: Bonding strength, Heat treatment, Surface roughness

Isıl işlemin ahşap malzemenin yüzey pürüzlülük ve yapışma direncine etkileri

Öz

Bu çalışmanın amacı, ısıl işlemin karaçam (*Pinus nigra* A.) ve lareks (*Larix decidua*), odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkilerini belirlemektir. Bu amaçla, deney örneklerine 140, 160, 180 ve 200 °C'de 2 ve 5 saat ısıl işlem uygulanmıştır. Deney örneklerinin hava kurusu yoğunluk, denge rutubet miktarı (EMC), yüzey pürüzlülüğü ve yapışma dirençleri belirlenmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük parametresi (*Ra*) liflere paralel olarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, ağaç türüne, ısıl işlem sıcaklığına ve işlem süresine bağlı olarak önemli farklılıklar göstermiştir. Bu çalışmadaki bulgulara göre tüm parametreler ısıl işlem sıcaklığına ve işlem süresine bağlı olarak azalmıştır. Kontrol örneklerinin yoğunluk ve EMC değerleri, ısıl işlem uygulanmış örnekler göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca karaçam numunelerinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri, larex numunelerine göre daha yüksektir. Öte yandan, larex numunelerinde elde edilen yapışma direnci değerleri, karaçam numunelerinden önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Ağaç işleri endüstrisindeki kullanımı sürekli olarak gelişen ısıl işlem uygulanmış ahşap malzemenin uygulama yerlerinde bu parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekir.

Anahtar kelimeler: Isıl işlem, Yapışma direnci, Yüzey pürüzlülüğü

1 Introduction

Wood materials are one of the most extensively used by human beings since ancient times due to their important advantages and features compared to other building materials. The fact that wood material has many unique advantages makes it attractive in many application areas. Wood material is preferred in the production of furniture and decoration elements with the effect of its natural appearance as well as its structure. In the selection of wood species, color and texture are as important as mechanical properties. However, wood material is exposed to environmental factors, biological destruction of bacteria, fungi and insects and chemical degradation such as the fire at the place of use and cannot withstand these effects for a long time (Söğütlü and Döngel, 2009). For this reason, it has become a necessity to improve the features and appearance properties of the products to be produced from wood material in order to be used for a longer period of time.

In the last few decades, researchers have attached more importance to scientific studies on the more effective and efficient use of wood materials. Environmentally friendly wood modification approaches and strategies are at the forefront of remarkable developments in this sense in recent years. Heat treatment is an environmentally friendly wood modification method that has been widely used in the last few decades to improve the properties of wood material and does not use harmful chemicals during the process (Poncsak et al. 2011; Jirouš-Rajković and Miklečić, 2019). The demand for heat treated woods has been increasing in recent years (Korkut, 2012). Heat-treated wood has many applications for exterior applications, decks, cladding, and garden furniture, including terraces, fences, doors, and window elements; as well as interior uses, such as kitchen furniture and cabinets, decorative wall panels, parquet, sauna benches and panels (Esteves and Pereira, 2009; Cui and Matsumura, 2019). Determination of the properties of heat-treated wood including surface roughness and bonding strength are important for application areas.

The surface properties of the wood material have a significant effect on the surface treatments and bonding resistance (Kilic et al. 2006). Surface roughness and wettability play an important role for better bonding strength ability of wood material (Yorur, 2018). According to literature studies show that heat treatment conditions such as treatment temperatures and treatment times were effective in changing the characteristic properties of the wood material surface. In another study, Korkut et al. (2013) carried out an experimental study to evaluate the surface roughness of heat-treated wild cherry (*Prunus avium*) wood. The test result showed that the surface roughness of the specimens decreased with heat treatment condition compared to the control samples. Korkut and Guller (2008) reported the effect of heat treatment on some properties and surface parameters of red bud maple. These authors concluded that surface parameters decreased with increasing temperature conditions. On the other hand, Söğütlü (2017) examined the effects of surface parameters on the bond resistance of wood materials. Test results showed significant differences between wood materials and also, as the surface roughness value decreased in each wood type, the bonding strength increased. Yang et al. (2012) reported that wood type and sanding processes significantly affect surface quality and adhesion resistance of wood samples. Wood surface roughness parameters may be influenced by grit size of sandpapers, heat treatment condition and machining process (Dilik and Hiziroglu, 2012; Sahin Kol and Özbay, 2016). While wood material is widely used in many applications, bonding strength plays an important role and properties related to density, grain orientation, press pressure, defects, surface quality and properties of adhesive are effective on bonding strength (Hiziroglu et al. 2013).

When the literature was examined, the mechanical features of the heat treated wood material were commonly evaluated. However little information is available on the effect of heat treatments on the surface roughness and bonding strength of wood. In addition, black pine (*Pinus nigra* A.) and lareks (*Larix decidua*) woods are widely used in construction sectors. In addition, as mentioned above the use of heat-treated wood material in the construction sector is increasing. Therefore, it is important to determine the relationship between the surface parameters of the heat-treated wood material and the adhesion strength. The purpose of this paper is to analysis the effect of heat treatment on surface roughness parameters and bonding strength of black pine (*Pinus nigra* A.) and larex (*Larix decidua*) woods.

2 Materials and Methods

2.1 Materials

In this study, black pine (*Pinus nigra* A.) and larex (*Larix decidua*) woods were preferred as experimental material. Because these woods are commonly used in woodworking industry. 650 mm by 60 mm by 18 mm defect free black pine (*Pinus nigra* A.) and larex (*Larix decidua*) samples were cut from long beams supplied by a local sawmill according to TS 2470 (1976). A total of 540 samples were used for the physical properties and bonding tests. All of the samples were held on in a climate cabinet with a relative humidity of 65 % and temperature of 20°C until they reach equilibrium moisture content before heat treatment.

Polyvinyl acetate (PVAc) adhesive was used as binder in the study, due to commonly used in the woodworking and furniture industries. In addition, this type of glue was preferred because it is widely preferred in many indoor and outdoor decoration applications. PVAc was applied to the surface of bond resistance specimens by brushing at a ratio of 180 g/m². PVAc has a density 1.1 g/cm³, the viscosity is 10.000 -12.000 cPs (at 25 °C); pH value is 6-7.5 (at 25 °C) (Polisan, 2018). Samples were compressed of 1.1 N/mm² for 8 h for PVAc at 20 °C.

2.2 Methods

After the climatization process the test specimens were modified at 140, 160, 180 and 200 °C for 2 and 5 hours in a heat treatment furnace controlled to within $\pm 1^\circ\text{C}$ under atmospheric pressure. Before planing process, control and heat-treated samples were conditioned in a climate cabinet with a temperature of 20°C and relative humidity of 65 %. After, specimens were processed with planing machine by four fixed-knife with a 6000 rpm spindle speed, a feed speed of 4 m/min and 1 mm cutting depth. After the planing process, the surfaces of the test samples to be measured were slightly sanded with 180 grit sandpaper sheets. In this study, the average surface roughness parameter (Ra) was used because the average roughness parameter is the most commonly used parameter for surface roughness measurements (Aydın and Çolakoğlu, 2003). Surface roughness parameter (Ra) of test samples were performed by using touch scan (spined) surface roughness device TR 200 according to TS 6956 EN ISO 4287/A1 (2013) standard.

The device (TIME-TR200) had a 10 mm/min measuring speed, a 5 μm pin radius, and a 90° probe angle. The parameters were set to a measuring step length of 2.5 mm and a measurement number of 5 (cut-off length). Measurements were carried out parallel to the fibers twice at ten different points on each specimen and the arithmetic mean value was recorded as a single value in this study. During the measurements, the device was calibrated at certain intervals. After the surface roughness measurements, the wood parts were cut in 620 mm by 60 mm by 7.5 mm dimensions for the gluing and press processes. One side of the

bonded panels was cut in the planing machine and shear test samples were prepared from them (Figure 1).

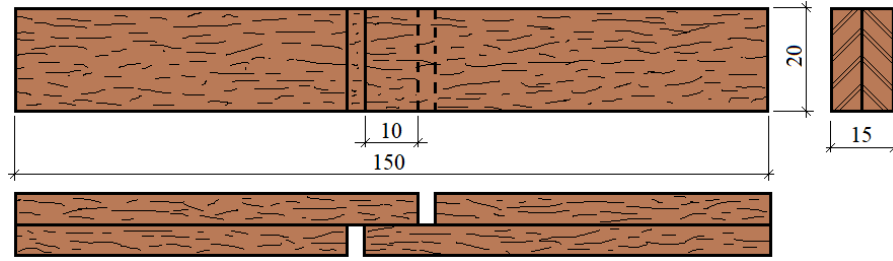


Figure 1. Bonding strength test sample and dimensions (mm)

After the preparation of tensile shear strength test samples, they were held on in a climate cabinet with a temperature of 20 °C and 65% relative humidity before tests. The bonding strength (β) was computed according to TS EN 205 (2017). The air-dried density and the equilibrium moisture content (EMC) of the samples were determined according to TS 2472 (1976), and TS 2471 (1976), respectively.

2.3 Statistical analysis

MSTAT-C statistical program was used for statistical evaluations. Multiple analyzes of variance (MANOVA) were applied. When the difference between the groups was significant according to the $P \leq 0.05$, the difference between the Duncan test and the mean values was compared. Thus, the success rankings of the factors included in the trial were determined by dividing them into homogeneity groups according to the least significant difference (LSD) critical value.

3 Results and Discussions

The equilibrium moisture content (EMC) and air-dried density value of wood samples are presented in Table 1. The density and EMC values of the control specimens were higher than the heat-treated samples. These results were statistically significant compared to the control specimens and the mean values differed significantly from each other at 0.05 confidence level. These significant changes in density and EMC values can be explained by chemical modifications after heat treatment. It is well known that the most affected wood compound by heat treatment is hemicellulose and cellulose compounds also undergo significant changes. Lengowski et al. (2021) stated that while there are significant chemical changes in wood material after heat treatment, hemicelluloses are the most affected compound. In another study, Boonstra et al (2007) mentioned that decreases in densities of woods after heat treatment, related to degradations of hemicelluloses, evaporation of extractive materials and lower equilibrium moisture content. Akyıldız and Ateş (2008) stated that the decrease in EMC values after heat treatment can be explained by the reduction of OH-groups and cleavage of the chains, as well as material losses after heat treatment. In the study by Sahin Kol et al. (2009) it was stated that the decrease in EMC values due to the decrease of total hydroxyl groups and the decrease of free hydroxyl groups related to chemical change after heat treatment. Durmaz et al. (2019) measured the changes in the physical properties of the heat treated wood whereby the density and EMC declined with increase treatment conditions. In a similar study, Bal (2015) reported that after heat treatment, the density and EMC values of wood decreased. Decreases in EMC values depending on the heat treatment temperatures were also reported by Aytin et al. 2015.

Table 1. Average density and EMC values of samples

Wood species	Heat treatment temperature (°C)	Duration (h)	Density*		EMC**		
			Mean (g/cm ³)	SD	Mean (%)	SD	
Black pine	Control	-	0.498 ^J	0.0195	13.89 ^A	0.813	
	140	2	0.495 ^K	0.0161	12.23 ^C	0.683	
		5	0.491 ^L	0.0158	11.44 ^D	0.613	
	160	2	0.485 ^M	0.0113	10.98 ^E	0.780	
		5	0.479 ^O	0.0133	10.32 ^{GH}	0.763	
	180	2	0.481 ^N	0.0094	10.36 ^G	0.697	
		5	0.473 ^P	0.0143	9.91 ^U	0.654	
	200	2	0.461 ^Q	0.0116	9.74 ^J	0.955	
		5	0.455 ^R	0.0127	9.07 ^L	0.855	
	Larex	Control	-	0.645 ^A	0.0174	13.49 ^B	0.901
		140	2	0.635 ^B	0.0111	12.11 ^C	0.756
			5	0.629 ^C	0.0105	11.27 ^D	0.817
160		2	0.613 ^D	0.0116	10.76 ^F	0.865	
		5	0.604 ^E	0.0129	10.11 ^{HI}	0.756	
180		2	0.591 ^F	0.0104	10.23 ^{GH}	0.713	
		5	0.583 ^G	0.0139	9.41 ^K	0.867	
200		2	0.576 ^H	0.0125	8.89 ^L	0.952	
		5	0.563 ^I	0.0158	8.29 ^M	0.953	

*LSD: ±0.008819; **LSD: ±0.2160, Means within a column with different letters are significantly different from each other at 0.05 confidence level; SD: standard deviations

Variance analysis results for the surface roughness of the wood species, heat treatment temperature and durations are given in Table 2. According to the results in Table 2, triple interaction of wood species, treatment temperature and treatment duration on the surface roughness values were not significant, on the other hand all other factors and reciprocal interactions of these were significant (P≤0.05).

Table 2. Analysis of variance results of surface roughness value

Factors	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	F Value	Sig. (P≤0.05)
Wood species (A)	1	235.011	235.011	14738.3507	0.0000*
Treatment temperature (B)	4	35.946	8.986	563.5739	0.0000*
Interaction (AB)	4	1.501	0.375	23.5301	0.0000*
Treatment duration (C)	1	1.186	1.186	74.3655	0.0000*
Interaction (AC)	1	0.168	0.168	10.5484	0.0014*
Interaction (BC)	4	0.359	0.090	5.6317	0.0003*
Interaction (ABC)	4	0.049	0.012	0.7651	NS
Error	160	2.870	0.018		
Total	179	277.090			

NS: not significant; * Significant at 95 % confidence level

Single comparison results of the Duncan test conducted on surface roughness using least significant difference (LSD) critical values for wood species, treatment temperature and

treatment duration level are given in Table 3. Based on the results in Table 3, the surface roughness values obtained in black pine samples were higher than larex samples. The differences between roughness parameters can be explained by the density properties of the wood materials. According to Table 1, density values of larex samples higher than black pine samples. In addition, black pine samples had a more porous anatomy compared to larex specimens. The differences of the values of surface roughness for different wood species could also be explained by the influence of the wood texture (Thoma et al. 2015). In the literature, the decrease in surface roughness with increasing density has been noted in the previous study by Pinkowski et al (2018) stated that the density highly affects the surface roughness parameters and that the increase in wood density decreases the surface roughness. Many different factors such as surface treatment direction, density, wood type, chemical and anatomical structure of wood, moisture content, cutter type, cutting feed rate and depths, the heat treatment temperature etc. play a role in the surface roughness values of the wood material (Baysal et al. 2014; Pelit et al. 2015; Ayata et al. 2018; Bal and Gündeş, 2020; Aras and Sofuoglu, 2021; Rohumaa et al. 2021; Sofuoglu, 2021).

Table 3. Results of Duncan test related to surface roughness at wood species, heat treatment, and heat treatment durations

Factors	Surface roughness (μm)
Wood species*	
Black pine	7.814 ^A
Larex	5.646 ^B
Heat treatment ($^{\circ}\text{C}$)**	
Control	7.305 ^A
140	7.120 ^B
160	6.660 ^C
180	6.355 ^D
200	6.210 ^E
Duration (h)***	
2	6.807 ^A
5	6.653 ^B

*LSD: ± 0.03528 ; **LSD: ± 0.05578 ; ***LSD: ± 0.03528

Regarding the heat treatment temperature, the highest surface roughness value (7.305 μm) was obtained in the control samples, whereas the lowest (6.210 μm) was determined in the samples that heat treated at 200 $^{\circ}\text{C}$. Surface roughness parameters decreased depending on the increase of treatment conditions. In a previous study by Ozcan et al. (2012) stated that in heat treatment applied above 150 – 160 $^{\circ}\text{C}$, gave rise to conversion of lignin and thermoplastic condition developing densification of the surface layers, and this situation contributed to the development of surface roughness values. Korkut and Guller (2008) examined effects of heat treatment on surface roughness of wood. They reported that the value of surface parameters decreased with increase treatment temperatures and treatment time. Considering the applied heat treatment time, the surface roughness value of the applied heat treatment time at 5 h was higher than 2 h. According to this result, it can be said that the applied heat treatment time was also effective in the surface roughness values as well as the applied heat temperature in this study. In a similar study, Korkut and Budakci (2010) reported that the surface roughness value of heat-treated wood samples decreased as the heat treatment time increased.

The surface roughness values of black pine (*Pinus nigra* A.) and larex (*Larix decidua*) woods are presented comparatively in Figure 3.

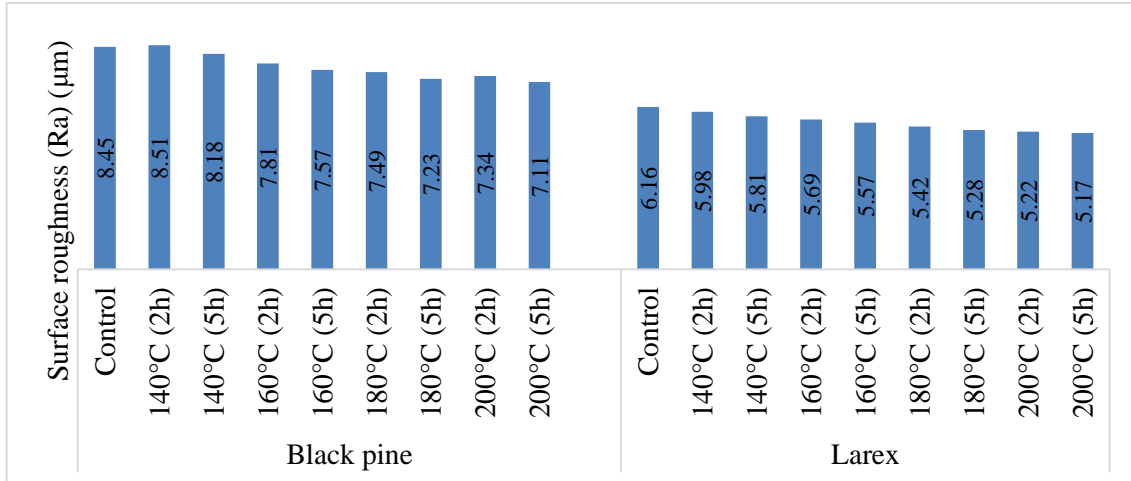


Figure 3. Average roughness values of the samples

According to the Figure 3, average Ra value of the samples from 8.51 µm to 7.11 µm for black pine samples, while from 6.16 µm to 5.17 µm for larex samples. According to these results, for both wood samples, the roughness values decreased as the heat treatment temperature and time increased. The results shown in Figure 3, indicated that the lowest surface roughness value was measured in samples that were heat treated at 200 °C for 5 hours (7.11 µm), while the highest was measured in samples that were heat treated at 140 °C for 2 hours (8.51µm) for black pine samples. Regarding the larex samples, the highest surface roughness value was determined in control samples (6.16 µm), while the lowest value was measured in specimens that were heat treated at 200 °C for 5 hours (5.17 µm).

Variance analysis results for the bonding strength of the wood species, heat treatment temperature and durations are given in Table 4. According to Table 4, effects of wood species, heat treatment temperature, and treatment time; dual interaction of wood species-treatment temperature; dual interaction of wood species-treatment time; dual interaction of treatment temperature-treatment time and triple interaction of wood species, treatment temperature and treatment time on the bonding strength values were significant whereas another interaction was insignificant ($P \leq 0.05$).

Table 4. Analysis of variance results of bonding strength value

Factors	Degrees of	Sum of	Mean	F	Sig.
Wood species (A)	1	386.812	386.812	820.9328	0.0000*
Treatment temperature (B)	4	104.811	26.203	55.6102	0.0000*
Interaction (AB)	4	22.382	5.596	11.8754	0.0000*
Treatment duration (C)	1	4.886	4.886	10.3688	0.0015*
Interaction (AC)	1	0.227	0.227	0.4822	Ns
Interaction (BC)	4	11.432	2.858	6.0658	0.0001*
Interaction (ABC)	4	4.578	1.144	2.4289	0.0494*
Error	160	84.813	0.530		
Total	179	619.942			

Ns: not significant; * Significant at 95 % confidence level

Single comparison results of the Duncan test conducted on bonding strength using least significant difference (LSD) critical values for wood species, treatment temperature and treatment duration level are given in Table 5.

Table 5. Duncan test results for bonding strength at wood species, heat treatment, and heat treatment durations level

Factors	Bonding strength (N/mm ²)
Wood species*	
Black pine	9.757 ^B
Larex	12.54 ^A
Heat treatment (°C)**	
Control	12.02 ^A
140	11.85 ^A
160	11.17 ^B
180	10.58 ^C
200	10.13 ^D
Duration (h)***	
2	11.30 ^A
5	10.99 ^B

*LSD: ±0.1914; **LSD: ±0.3026; ***LSD: ±0.1914

It can be seen from Figure 4 and Table 5 that the bonding strength value obtained in larex samples was significantly higher than that of black pine samples. This situation can be explained by high density values and surface roughness parameters of larex samples. In the literature, wood materials with low surface roughness values have higher bonding strength compared to rougher surfaces (Buyuksari et al. 2011; Söğütü, 2017). Kaygin and Tankut (2008) reported that the lowest bonding strength value was due to cell structure of wood and its over porosity structures. Based on the findings in this study bonding strength of the samples were adversely influenced due to heat treatment temperature and treatment durations. According to Table 5, the highest bonding strength value was determined in control samples, regarding the heat treatment temperature, while the lowest in specimens that were heat treated at 200 °C. A similar study by Ozcan et al. (2012) indicated that especially with high temperature heat treatment, adhesion resistance is significantly reduced due to the degradation of hemicellulose in the wood cell wall structure. Can et al. (2021) reported in their study that shear strength decreased significantly after heat treatment and that reduced chemical bonding or mechanical interlocking of adhesives, and the reduced strength of the brittle heat-treated wood might be responsible for this.

In terms of the heat treatment time, the bonding strength decreased as the treatment time increased in this study. The bonding strength of specimens that heat-treated for two hours was higher than that of heat treated wood for five hours. In the literature, some studies reported that the bonding performance of the wood is negatively affected by the higher temperature and treatment time (Hill, 2006; Ayırlmis and Winandy, 2008). The bonding strength values of black pine (*Pinus nigra* A.) and larex (*Larix decidua*) samples are presented comparatively in Figure 4.

According to the data in Figure 4, bonding strengths of heat-treated samples were lower as compared to those of control samples. Bonding strength values decreased in both wood species depend on the increase in heat treatment temperatures and treatment times. The highest bonding strengths were determined in the control groups for black pine (10.62 N/mm²) and larex (13.89 N/mm²) samples. It is a well-known fact that density properties and anatomical structures of wood material play an important role on physical and mechanical properties including bonding strength. Bonding features and bonding strengths are affected by many factors such as wood types and their densities, adhesive type and its viscosity, press pressure, press temperature and time, moisture content of wood, compression ratio of the veneers, etc. (Yorur et al. 2010; Bekhta et al. 2020).

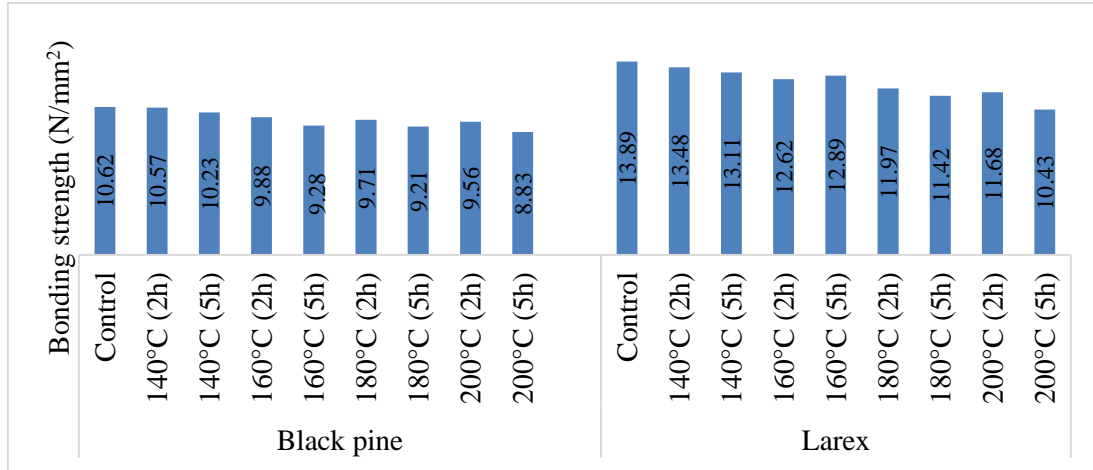


Figure 4. Average bonding strength values of the samples

4 Conclusions

Based on the study, the following conclusions can be made:

- The test results revealed that the values of density, equilibrium moisture content, surface roughness and bonding strength of black pine (*Pinus nigra* A.) and larex (*Larix decidua*) samples decreased depending on increasing treatment temperature and treatment times. Therefore, this situation should be considered in the places of use of heat treated wood materials.
- In terms of surface roughness value, larex wood was lower than black pine. Surface roughness properties are one of the most important parameters in the woodworking and furniture industries.
- Regarding the bonding strength, black pine specimens had lower values than that of larex samples. The bonding quality and bonding strength of wood material are important for structural and outdoor applications.
- Wood species and heat treatment conditions significantly influence on surface roughness and bonding strength.

Author Contributions

Osman Perçin: Research idea, planning and conducting laboratory studies, obtaining data, analysis data, writing the manuscript, publishing the manuscript.

References

- Akyıldız, M.H., Ateş, S., (2008), Effect of heat treatment on equilibrium moisture content (EMC) of some wood species in Turkey. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(6), 660-665.
- Aras, O. & Sofuoğlu, S. D. (2021). Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ağaç türünün CNC ile işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün işleme parametreleri ile ilişkisi . *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(2),114-125. DOI: 10.33725/mamad.992157
- Ayata, U., Gurleyen, T., Gurleyen, L., Cakicier, N., (2018), Determination of surface roughness parameters of heat-treated and untreated scotch pine, oak and beech woods. *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 1(1), 46-50.

- Aydın, İ., Çolakoğlu, G., (2003), Roughness on wood surfaces and roughness measurement methods, *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, 1-2; 92-102.
- Ayrilmis, N., Winandy, J.E., (2008), Effects of post heat-treatment on surface characterization and adhesive bonding performance of medium density fiberboard, *Materials and Manufacturing Processes*, 24, 594-599.
- Aytin, A., Korkut, S., Ünsal, Ö., Çakıcıer, N., (2015), The effects of heat treatment with the ThermoWood® method on the equilibrium moisture content and dimensional stability of wild cherry wood, *BioResources*, 10(2), 2083-2093.
- Bal, B.C., (2015), Physical properties of beech wood thermally modified in hot oil and in hot air at various temperatures, *Maderas. Ciencia y tecnología* 17(4), 789-798. DOI: 10.4067/S0718-221X2015005000068
- Bal, B.C., Gündeş, Z., (2020), Surface roughness of medium-density fiberboard processed with CNC machine, *Measurement*, 153, (2020), 107421. DOI: 10.1016/j.measurement.2019.107421
- Baysal, E., Kart, S., Toker, H., Degirmentepe, S., (2014), Some physical characteristics of thermally modified oriental-beech wood, *Maderas. Ciencia y tecnología*, 16(3), 291-298. DOI:10.4067/S0718-221X2014005000022
- Bekhta, P., Sedliačik, J., Bekhta, N. (2020). Effects of selected parameters on the bonding quality and temperature evolution inside plywood during pressing. *Polymers*, 12(5), 1035. DOI:10.3390/polym12051035
- Boonstra, M.J., Van Acker J., Tjeerdsma B.F., Kegel E.V., (2007), Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents, *Annals of Forest Science*, 64(7), 679-690. DOI: 10.1051/forest:2007048
- Buyuksari, U., Akbulut, T., Guler, C., As, N., (2011), Wettability and surface roughness of natural and plantation-grown narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) wood. *BioResources*, 6(4), 4721- 4730.
- Can, A., Krystofiak, T., Lis, B., (2021), Shear and adhesion strength of open and closed system heat-treated wood samples, *Maderas. Ciencia y tecnología*, 23(32), 1-10. DOI: 10.4067/s0718-221x2021000100432
- Cui, X., Matsumura, J., (2019), Wood surface changes of heat-treated *Cunninghamia lanceolata* following natural weathering, *Forests*, 10(9), 791. DOI:10.3390/f10090791
- Dilik, T., Hiziroglu S., (2012), Bonding strength of heat treated compressed Eastern redcedar wood, *Materials and Design*, 42, 317-320. DOI: 10.1016/j.matdes.2012.05.050
- Durmaz, E., Ucuncu, T., Karamanoglu, M., Kaymakçı, A., (2019), Effects of heat treatment on some characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood, *BioResources*, 14(4), 9531-9543.
- Esteves, B., Pereira, H., (2009), Wood modification by heat treatment: A review, *BioResources* 4(1), 370-404.
- Hill, C. (2006), Wood modification: Chemical, thermal and other processes. New York: Wiley, 2006.

- Hiziroglu S., Zhong, Z.W., Tan H.L., (2013), Measurement of bonding strength of pine, kapur and meranti wood species as function of their surface quality, *Measurement*, 46(9); 3198-3201. DOI: 10.1016/j.measurement.2013.05.005
- Jirouš-Rajković, V., Miklečić, J., (2019), Heat-treated wood as a substrate for coatings, weathering of heat-treated wood, and coating performance on heat-treated wood. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019, Article ID 8621486, 1-9. DOI: 10.1155/2019/8621486
- Kaygin, B., Tankut, A.N., (2008), Comparison of bonding strengths of the sapwoods and heartwoods of tree species used in wooden shipboard building, *African Journal of Biotechnology*, 7(24), 4620-4627.
- Kilic, M., Hiziroglu S., Burdurlu, E., (2006), Effect of machining on surface roughness of wood, *Building and Environment* 41(8),1074-1078. DOI:10.1016/j.buildenv.2005.05.008
- Korkut, D.S., Hiziroglu, H., Aytin, A., (2013), Effect of heat treatment on surface characteristics of wild cherry wood, *BioResources* 8(2), 1582-1590.
- Korkut, S., (2012), Performance of three thermally treated tropical wood species commonly used in Turkey, *Industrial Crops and Products*, 36(1); 355-362. DOI: 10.1016/j.indcrop.2011.10.004
- Korkut, D.S., Guller, B., (2008), The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood, *Bioresource Technology*, 99(8), 2846-2851. DOI:10.1016/j.biortech.2007.06.043
- Korkut, S., Budakci, M. (2010), The effects of high-temperature heat-treatment on physical properties and surface roughness of rowan (*Sorbus aucuparia* L.) wood. *Wood Research*, 55(1), 67-78.
- Lengowski, E.C., Bonfatti Júnior, E.A., Nisgoski, S., Bolzon de Muñoz, G.I., Klock, U., (2021), Properties of thermally modified teakwood. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 23(10),1-16. DOI: 10.4067/s0718-221x2021000100410
- Ozcan, S., Ozcifci, A., Hiziroglu, S., Toker, H. (2012), Effects of heat treatment and surface roughness on bonding strength. *Construction and Building Materials*, 33, 7-13. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.01.008
- Pelit, H., Budakçı, M., Sönmez, A., Burdurlu, E., (2015), Surface roughness and brightness of scots pine (*Pinus sylvestris*) applied with water-based varnish after densification and heat treatment. *Journal of Wood Science*, 61(6), 586-594. DOI:10.1007/s10086-015-1506-7
- Pinkowski, G., Szymański, W., Krauss, A., Stefanowski, S., (2018), Effect of sharpness angle and feeding speed on the surface roughness during milling of various wood species. *BioResources*, 13(3), 6952-6962.
- Polisan (2018). [https://global.polisan.com.tr/tr/Urunler/CP/156/tutkal-grubu\(01.05.2022\)](https://global.polisan.com.tr/tr/Urunler/CP/156/tutkal-grubu(01.05.2022))
- Poncsak, S., Kocaeffe, D., Younsi., R., (2011), Improvement of heat treatment of jack pine (*Pinus banksiana*) using Thermo Wood technology, *European Journal of Wood and Woods Products*, 69(2); 281-286. DOI:10.1007/s00107-010-0426-x

- Rohumaa, A., Kallakas, H., Mäetalu, M., Savest, N., Kers, J., (2021), The effect of surface properties on bond strength of birch, black alder, grey alder and aspen veneers. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 110(2021), 102945. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2021.102945
- Sahin Kol, H., Özbay G., Altun, S., (2009), Shear strength of heat-treated tali (*Erythrophleum ivorense*) and iroko (*Chlorophora excelsa*) woods bonded with various adhesives. *BioResources*, 4(4), 1545-1554.
- Sahin Kol H., Özbay, G., (2016), Adhesive bond performance of heat-treated wood at various conditions. *Journal of Environmental Biology*, 37(4), 557-564.
- Sofuoglu, S.D., (2021), A mini review of the studies on massive wood materials machining and surface quality, *Wood Industry and Engineering*, 3(2), 48-59.
- Söğütlü, C., (2017), Determination of the effect of surface roughness on the bonding strength of wooden materials, *BioResources*. 12(1), 1417-1429.
- Söğütlü, C., Döngel N., (2009), The effect of the impregnate process of wooden material to color changes and surface roughness, *Journal of Polytechnic*, 2(3);179-184.
- Thoma, H., Peri, L., Lato, E., (2015), Evaluation of wood surface roughness depending on species characteristics. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(2), 285-292. DOI:10.4067/S0718-221X2015005000027
- TS 2470, (1976), Wood-Sampling Methods and General Requirements for Physical and Mechanical Tests, Ankara
- TS 2471, (1976), Wood- determination of moisture content for physical and mechanical tests, Ankara
- TS 2472, (1976), Wood- determination of density for physical and mechanical tests, Ankara.
- TS 6956 EN ISO 4287/A1 (2013) Geometrical product specifications - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters - Amendment 1: Peak count number (ISO 4287:1997/Amd 1:2009)
- TS EN 205, (2017), Adhesives - Wood adhesives for non-structural applications - Determination of tensile shear strength of lap joints, Ankara.
- Yang, T., Xue, W., Liu, Y., (2012), Influence of machining methods on wood surface roughness and adhesion strength, in: International Conference on Biobase Material Science and Engineering (BMSE), 2012, pp. 284-287, IEEE, Changsha, China. DOI: 10.1109/BMSE.2012.6466231
- Yorur, H., (2018), Investigation of factors influencing on wood adhesion capability, *Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty*, 18(1), 99-107. DOI:10.17475/kastorman.409206
- Yorur, H., Aydemir, D., Uysal, B., (2010), The factors affecting on bonding strength of impregnated wood material, *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 12(18), 99-106.



MDFlamın delinmesinde Taguchi yöntemi kullanılarak delaminasyon faktörünün incelenmesi

Emine Nur Aktaş¹ , Sait Dündar Sofuoğlu^{2*} 

Öz

Delik delme operasyonları, ağaç işleri ve mobilya birleştirme şekillerinde yaygın olarak kullanılan önemli bir işlemdir. Delik delme işlemi sonrasında delik giriş ve çıkışlarının mümkün olduğunca kusursuz olması gerekmektedir. Bu çalışmada, sentetik reçinelerle kaplanmış lif levha (MDFlam)'nın delinmesinde bilgisayarlı sayısal kontrol (CNC) delme parametrelerinin en iyi delik kalitesi için optimizasyonu Taguchi tasarım yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda ağaç işleri ve mobilya sektöründe sıklıkla kullanılan MDFlam deney materyali olarak seçilmiştir. TS ISO 3129 standardına uygun olarak hazırlanan örneklerde, iki farklı HSS malzemenin üretilmiş 8 mm çapında delik delme uçları ile CNC makinesi kullanılarak delik delme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deliklerin delik girişi ve çıkışı delaminasyon faktörü göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. MDFlam deney numunesinin delik girişleri üzerinde yapılan ölçümlerde delaminasyonda deney parametreleri açısından fark oluşturmamıştır. Delik girişleri için Taguchi optimizasyonu yapılmasına gerek görülmemiştir. MDFlam numunenin delik çıkışı delaminasyon değerleri incelendiğinde 1 numaralı kesici ile 14000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında (A2B3C1) en ideal sonucun alınabileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağaç malzeme, CNC, Delaminasyon, Delik delme, MDF, Taguchi

Investigation of delamination factor using Taguchi design method in drilling MDFlam

Abstract

Drilling operations are an important process commonly used in woodworks and furniture joints. Hole entry and exit should be smooth as far as possible after hole drilling. In this study, the optimization of computer numerical control (CNC) drilling parameters for the best hole quality in fiberboard (MDFlam) coated with synthetic resins was carried out using the Taguchi design method. For this purpose, MDFlam, which is frequently used in woodworking and furniture industry, was chosen as the test material. Drilling was carried out in the samples prepared in accordance with the TS ISO 3129 standard, using a CNC machine with 8 mm diameter drilling bits made of two different HSS materials. The drilled hole quality was evaluated by considering the delamination factor of the hole entry and exit. In the measurements hole entry in MDFlam, there was no difference in delamination in terms of drilling parameters. Taguchi optimization is not required for hole entries. According to the hole output delamination values, the ideal result can be obtained with cutter number 1 at a feed rate of 14000 rpm and 1750 mm/min (A2B3C1).

Keywords: CNC, Delamination, Drilling, MDF, Taguchi, Wood material

Makale tarihçesi: Geliş:05.06.2022, Kabul:18.06.2022, Yayınlanma:30.06.2022, *e-posta: sdundar.sofuoğlu@dpu.edu.tr.

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya/Türkiye

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fak., Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Böl., Simav, Kütahya/Türkiye.

Atıf: Aktaş, E.N., Sofuoğlu, S.D., (2022), MDFlamın delinmesinde Taguchi yöntemi kullanılarak delaminasyon faktörünün incelenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5 (1), 29-39, DOI: 10.33725/mamad.1126117

1 Giriş

Delik delme işlemi mobilya birleştirme şekillerinde yaygın olarak kullanılan önemli bir işleme şeklidir. Çivi, vida ve diğer özel bağlantı sistemleri içine alan ağaç işleri ve mobilyacılıkta kullanılan tüm bağlantı sistemlerinde delik delme işlemi uygulanmaktadır. Günümüzde geleneksel takım tezgâhlarının yanı sıra CNC işleme merkezlerinde de delik delme operasyonları uygulanmaktadır. Masif ve masif kökenli malzemelerin hammadde olarak kullanıldığı mobilya üretiminde, delik delme işlemleri avantajlarından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Delme işlemi dönüsel kesme kapsamına girmektedir. Deliğin iç yüzeylerinin, delik giriş ve çıkışlarının mümkün olduğunca kusursuz olması gerekmektedir. Bu, gerek yapışma kalitesini gerekse bağlantı kalitesini önemli derecede etkilemektedir (Lihra ve Ganev, 1999).

Delik delme işleminde özgül ağırlığın, yonga kalınlığının ve kesicinin dönme hızının delik kalitesi üzerinde önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Kaliteyi, işlenen masif ağaç malzeme ve ağaç kökenli malzemenin rutubet miktarı ve delik delmede kullanılan kesicinin tipi daha fazla etkilemektedir (Woodson ve McMillin, 1972). Delik delme çalışmalarında devir sayısının (Gaitonde ve ark., 2008a; Kumar ve Jayakumar, 2018, Sofuoğlu ve Kaçal, 2013) besleme hızının (Kacal ve Sofuoğlu, 2013; Prakash ve ark., 2009), matkap çapının (Palanikumar ve ark., 2009; Prakash ve ark., 2015), tork miktarının (Wilkowski ve ark., 2010) etkisi araştırılmıştır.

Ağaç işleri ve mobilya sektöründe çeşitli malzemeler kullanılarak delik delme denemeleri konusunda çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalarda MDF (Davim ve ark., 2008; Gaitonde ve ark., 2008a; Gaitonde ve ark., 2008b; Palanikumar ve ark., 2009; Podziewski ve Górski, 2010; Prakash ve ark., 2009; Rogoziński ve ark., 2015; Szwajka ve Trzepieciński, 2018; Valarmathi ve ark., 2012), yongalevha (Kumar ve Jayakumar, 2018), MDFLam (Gaitonde ve ark., 2008b; Valarmathi ve ark., 2013), Melamin kaplı yongalevha (Sofuoğlu ve Kacal, 2013; Wilkowski ve ark., 2010), masif ağaç malzeme (Barbu ve ark., 2010; Kacal ve Sofuoğlu, 2013; Sharapov ve ark., 2019; Sofuoğlu, 2008; Sofuoğlu ve ark., 2015; Sofuoğlu ve Kurtoğlu, 2014; Szymanski ve ark., 2010; Wilkowski ve ark., 2010) vb. kullanılmıştır. Delik delme işlemlerinde başlıca; devir sayısı, ilerleme hızı, matkap çapı, tork ve delaminasyon faktörleri göz önüne alınarak incelemelerde bulunulmuştur.

Ağaç malzemelerin işlenmesinde asıl ana hedefin maliyeti azaltarak performansı yükseltmek amacıyla optimum işleme şartlarına ulaşmak olmuştur. En iyi sonuçların elde edileceği şartları ortaya koyabilmek için öncelikle performansı belirleyen özellik belirlenir ve bu özelliği etkileyen faktörler incelenir. Ardından bu faktörlerin performansı belirleyen özellik üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi ve en uygun kombinasyonunun bulunması için (kontrol edilemeyen faktörler de gözetilerek) deneyler yapılır. Deneyler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek optimum şartlar tespit edilir (Meral ve ark., 2011).

Taguchi Deneysel Tasarımı metodu optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. En az sayıda deneyle elde edilmesini sağlamakla ve yüksek kalitede proses ve ürün geliştirilmesini desteklemektedir. Delik delme işleminde kesme parametrelerinin optimizasyonu sayesinde maliyetleri en aza indirerek performans ve kalite artışının sağlanması çok önemlidir. Taguchi metodunun kullanılması ile gereksiz yapılacak deneylerden kaçınılarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır (Ay ve Turhan, 2010).

Delik delme işlemi, gerek genel imalat sektöründe gerekse mobilya ve ağaç işleri imalat sektöründe özellikle seri üretimin uygulandığı ürünlerde sıklıkla kullanılan bir işlemdir. Delik delme işleminin başarılı olmasında önemli faktörlerden birisi de delik giriş ve çıkışlarının tam

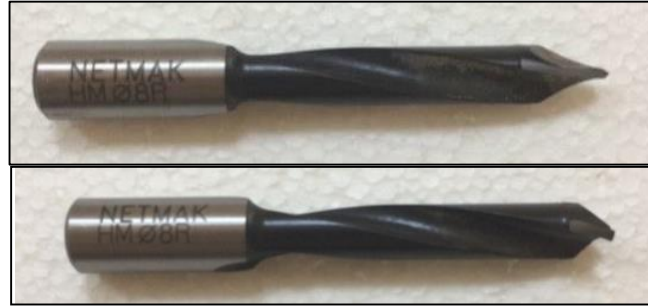
ve kusursuz olmasıdır. Bu çalışmada, bu amaç doğrultusunda iki farklı kesici kullanılarak delik girişi ve delik çıkışı kalitesinin yüksek olması delaminasyon faktörü göz önüne alınarak değerlendirilmiş, optimum delme parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Çalışmada, özellikle kabin tipi mobilya üretiminde seri üretime uygun, yaygın olarak kullanılan, geniş alanlara sahip, levha tipi malzeme olan sentetik reçinelerle kaplanmış lif levha (MDFlam) deneme materyali olarak seçilmiştir. MDFlamlar Simav/Kütahya'daki bir firmadan rastgele yöntemle seçilerek satın alma yoluyla temin edilmiştir.

Deneme materyallerinin CNC ile işlenmesinde Netmak firmasından temin edilen 8 mm çapında HSS malzemeden üretilmiş farklı kesici kenar sayısına sahip ($Z = 2$, $Z = 3$) düz parmak frezeler kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Kullanılan iki kesici kenarlı (a) ve üç kesici kenarlı (b) kesici tipleri

Delme işlemleri Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölüm Atölyesi'nde bulunan SKILLED 2040 CNC tezgahında gerçekleştirilmiştir. CNC tezgahının ölçüleri: boy:1650 mm, en:1350 mm, yükseklik: 1800 mm; çalışma alanı: X-800 mm, Y-800 mm, Z-150 mm, çalışma hassasiyeti: 0.01 mm, maksimum kesme hızı: 9 m/dakika, motor: 5.5 Kw ve devir sayısı 18000 rpm'dir.

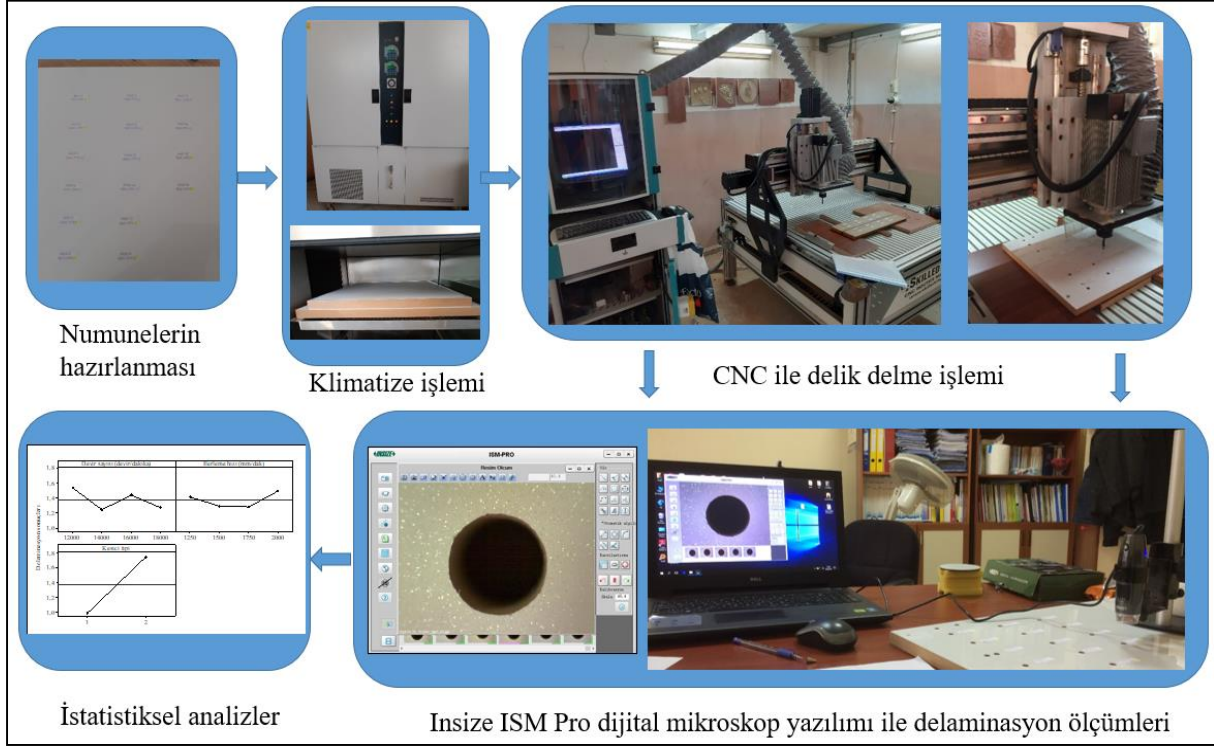
2.2 Metot

Deney örnekleri CNC tablada işlemeye uygun hale getirmek ve klimatize dolabında bekletilebilmesi için uygun ölçülerde kesilerek hazır hale getirilmiştir. Numuneler $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% 65 \pm 5$ nisbi rutubette klimatize dolabında ağırlığı sabit olana kadar bekletilerek rutubet miktarı $\% 12 \pm 2$ ' ye gelmesi sağlanmıştır.

Çalışmada Minitab 17 yazılımı kullanılarak %95 güven düzeyinde Taguchi deney tasarımı uygulanmıştır. Deneylerde işleme parametreleri ve düzeyleri literatür de göz önüne alınarak Çizelge 1'deki gibi belirlenmiş ve L_{16} Taguchi deney tasarımı kullanılarak deneyler yapılmıştır. Çalışmanın deneysel yöntem akış şeması Şekil 2'de verilmektedir.

Çizelge 1. Delik delme işleminde işleme parametreleri, düzeyleri ve değerleri

Delik delme parametreleri	Düzyerler ve değerler			
	Devir sayısı (dev/dak)	12000	14000	16000
İlerleme hızı (mm/dak)	1250	1500	1750	2000
Kesici tipi	1 (iki kesici kenarlı)	2 (üç kesici kenarlı)		



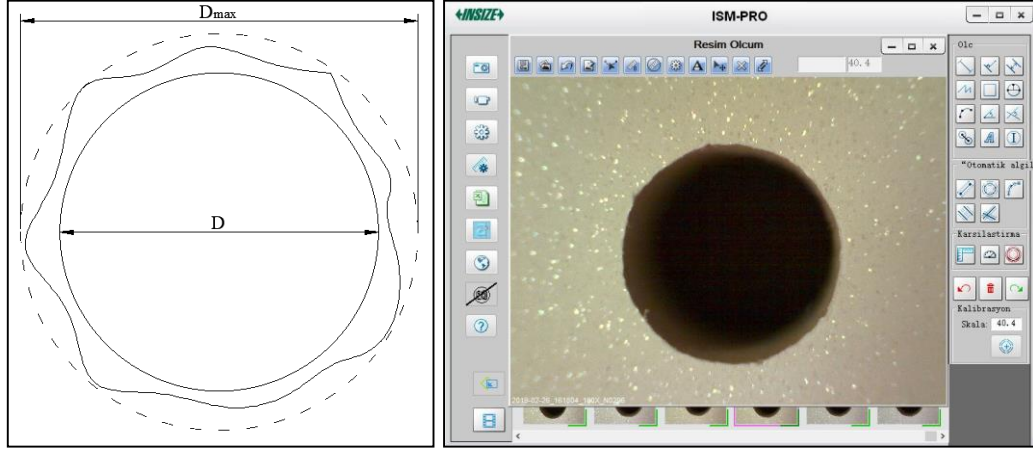
Şekil 2. Deneysel yöntem akış şeması

CNC tezgâhta çeşitli delik delme parametreleri değiştirilerek delik delme işleminin gerçekleştirilmesi için ArtCAM yazılımı kullanılarak takım yolu oluşturulmuştur. Önceden belirlenmiş işleme parametrelerine göre G kodları oluşturulmuş ve CNC tezgâha aktarılarak delik delme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. CNC ile delik delmede delik girişleri (a), delik çıkışları (b)

Çalışmada delaminasyon ölçümleri her bir deney malzemesindeki delikler için delik girişi ve delik çıkışında ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Delikler INSIZE ISM-PM200SB marka ve model dijital mikroskop kullanılarak delik çapları ve hasarlı çaplar ölçülmüştür. Bu deliklerin fotoğrafları INSIZE ISM Pro yazılımı vasıtası ile çekilmiştir. Elde edilen resimlerin üzerinden AutoCAD ve Insize ISM Pro yazılımı kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda delaminasyon faktörleri belirlenmiştir. Delaminasyon faktörü (D_f) Şekil 4'den de görüleceği üzere, delme esnasında hasar bölgesinde oluşan maksimum hasar çapının (D_{max}) matkap çapına (D) oranlanmasıyla hesaplanan sayısal bir değerdir (Bilge ve ark., 2017).



Şekil 4. Delik delme işleminde delaminasyonun faktörünün ölçülmesi

Delaminasyon faktörü aşağıdaki formülle belirlenmektedir:

$$Df = \frac{D_{max}}{D} \quad (1)$$

Ayrıca delaminasyon faktörüne, devir sayısı, ilerleme hızı ve kesici tipinin etkisini belirlemek için Varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

3 Bulgular ve Tartışma

Elde edilen sonuçlar, ağaç türlerine göre delik giriş-çıkış delaminasyon verileri Çizelge 2’de verilmiştir. Bu gruplara ait verilere ANOVA yapılmış ve ana etki grafikleri (ölçüm ve S/N oranları için) hazırlanmıştır. Delaminasyon açısından değerlendirilerek S/N verilerine göre optimum delme parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 2. Taguchi deney tasarımı ve delaminasyon faktörleri (Aktaş, 2021)

İşlem no	Devir sayısı (devir/dakika)	İlerleme hızı (mm/dak)	Kesici tipi	Delik girişi delaminasyon faktörü	Delik çıkışı delaminasyon faktörü
1	12000	1250	1	1,00	1,00
2	12000	1500	1	1,00	1,00
3	12000	1750	2	1,00	2,14
4	12000	2000	2	1,00	2,01
5	14000	1250	1	1,00	1,00
6	14000	1500	1	1,00	1,00
7	14000	1750	2	1,00	1,00
8	14000	2000	2	1,00	1,98
9	16000	1250	2	1,00	2,04
10	16000	1500	2	1,00	1,72
11	16000	1750	1	1,00	1,00
12	16000	2000	1	1,00	1,00
13	18000	1250	2	1,00	1,63
14	18000	1500	2	1,00	1,46
15	18000	1750	1	1,00	1,00
16	18000	2000	1	1,00	1,00

MDFLam delik girişi

MDFLam deney numunesinin delik girişleri üzerinde yapılan ölçümlerde delaminasyonda deney parametreleri açısından fark oluşturmamıştır. Her kesici tipi için delaminasyondan uzak delik delinebildiği görülmüştür. Bu sebeple Taguchi optimizasyonu yapılmasına gerek görülmemiştir.

MDFLam delik çıkışı

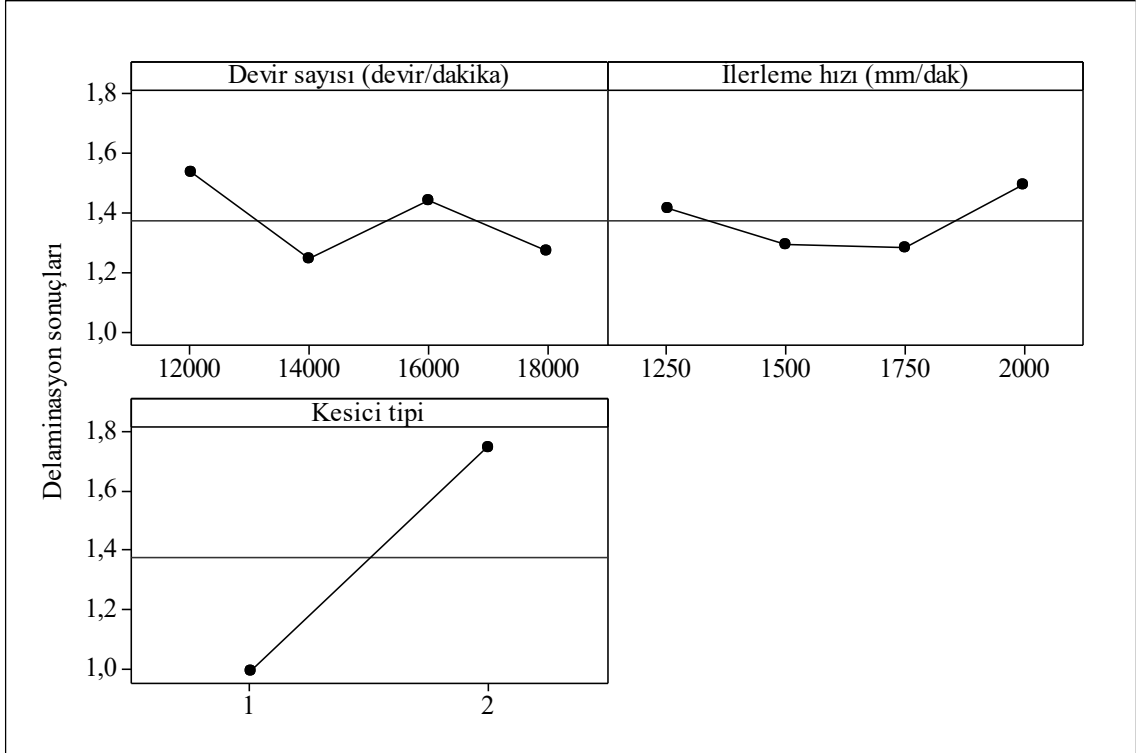
MDFLam numunenin delinmesinde delik çıkışlarında oluşan delaminasyon ANOVA (Çizelge 3) ve ana etki grafiği (Şekil 5) ile değerlendirilmiştir. ANOVA tablosundaki P-Değeri sütununda yer alan değer 0,05'ten küçük olduğunda ilgili parametre istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde sonuçlar üzerinde etkilidir çıkarımı yapılabilir. Çizelge 3'e göre deney parametrelerinden kesici tipi hariç diğerleri istatistiksel olarak delaminasyon üzerinde önemli etkiye sahip değildir. Kesici tipi 0,01 P değeri ile MDFLam numunenin delik çıkışı delaminasyon sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kısaca kesici tipindeki değişim delaminasyon sonuçlarını direkt etkilemektedir.

Çizelge 3. MDFLam deney numunesi delik çıkışları ANOVA sonuçları (Aktaş, 2021)

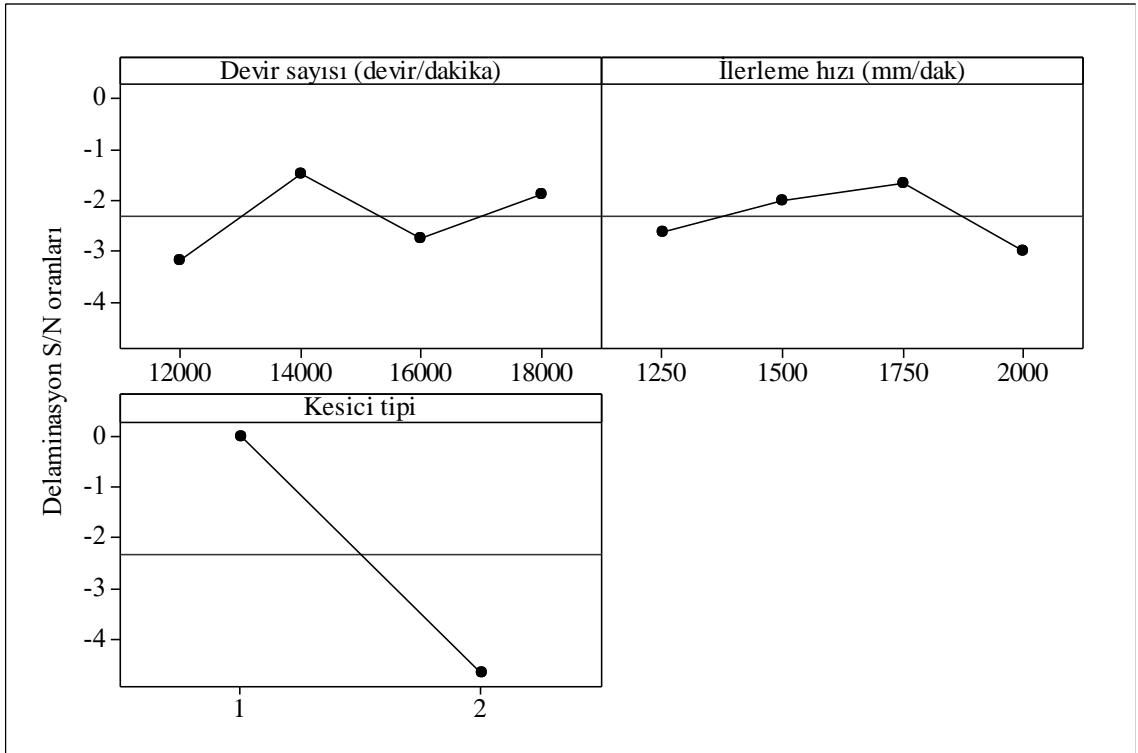
Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	7,149	2,383	0,86	0,498
İlerleme hızı (mm/dak)	3	4,347	1,449	0,53	0,677
Kesici tipi	1	85,802	85,802	31,14	0,001
Hata	8	22,045	2,756		
Toplam	15	119,342			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	0,2339	0,07797	0,94	0,464
İlerleme hızı (mm/dak)	3	0,1240	0,04133	0,50	0,693
Kesici tipi	1	2,2371	2,23712	27,03	0,001
Hata	8	0,6620	0,08275		
Toplam	15	3,2570			

Şekil 5'te verilen ana etki grafiği incelendiğinde 1 numaralı kesici ile daha iyi sonuçlar alınabileceği söylenebilir. Ayrıca ana etki grafiklerinde yer alan parametre eğrilerinin ortalama çizgisine göre eğimleri de bir çıkarım yapılmasına imkân verir. Daha büyük açılı eğimler daha etkin parametreye işaret etmektedir. Bu açıdan bakıldığında, kesici tipi eğrisinin eğimi diğerlerine göre daha büyüktür. Bu da ANOVA sonuçlarını desteklemektedir.

Taguchi deney tasarımı ve optimizasyonunda optimum parametrelerin belirlenmesinde S/N oranları ilk dikkate alınan sonuçlardır. Her bir parametre için en kalite metodundan bağımsız olarak en büyük S/N oranı en ideal parametre seviyesine işaret etmektedir.



Şekil 5. MDF Lam numune delik çıkışı delaminasyon sonuçları ana etki grafiği (Aktaş, 2021)



Şekil 6. MDF Lam numune delik çıkışı delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği (Aktaş, 2021)

Buna göre, Şekil 6'daki S/N oranı grafiğinden yola çıkılarak, MDFLam numunenin delik çıkışı delaminasyon değerlerine yönelik en ideal delme parametreleri A2B3C1 şeklinde önerilebilir. 1 numaralı kesici ile 14000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında en ideal sonucun alınabileceği öngörülmektedir.

Delik delme parametrelerinin değiştirilerek uygulanan delme işlemlerinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde; düşük ilerleme hızı ve yüksek kesiş hızlarının kombinasyonu MDF'de delik delme işlemlerinde delaminasyonu en aza indirmek için gerekli olduğu belirtilmiştir (Davim ve ark., 2008; Gaitonde ve ark. 2008a). MDF'de delaminasyon üzerine ilerleme hızı ana parametre ardından en önemli parametrenin kesici çapı olduğu görülmüştür. Devir sayısının artması ile delaminasyon faktörü azalmakta, ilerleme hızı ve kesici çapının artması ile delaminasyon faktörü de artmaktadır (Prakash ve ark., 2009). MDF'lerin delinmesinde yüksek devir sayısı, düşük ilerleme hızı ve düşük kesici çapı tavsiye edilmektedir (Palanikumar ve ark., 2009). MDF'de Optimal işleme şartları düşük besleme hızlarında itme gücünün azaltılması ve yüksek devir sayılarında elde edilmiştir (Valarmathi ve ark., 2012). İlerleme hızı ve matkap çapının delaminasyonu etkileyen en önemli faktörler olduğu görülmüş ve yüksek devir sayısı, düşük ilerleme hızı ve daha düşük matkap çapı kombinasyonunun delaminasyon eğilimini azalttığını belirtmişlerdir (Valarmathi ve ark., 2013; Valarmathi ve Palanikumar, 2013). Sentetik reçine levhası ile kaplanmış 18 mm kalınlığında yonga levhada ilerleme hızı en önemli faktörler olduğu görülmüştür (Kacal ve Sofuoğlu, 2013). Optimum kesme şartları TiN kaplı HSS matkapla 8000-rpm ve 1000 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir (Sofuoğlu ve Kacal, 2013). Lamine kaplı malzemelerde düşük ilerleme hızının en çok etkileyen parametre olduğu belirtilmiştir (Prakash ve ark., 2015).

Çalışmada kesici çapı değiştirilmemiş ancak farklı kesici kenar sayısına sahip kesiciler kullanılmıştır. Delik girişlerinde her iki kesicide delaminasyon faktörü en düşük seviyede elde edilmiştir. Ancak delik çıkışlarında delaminasyon değerleri değişmiştir. Delik delme işleminde kullanılan makinenin de stabil olmasının delik kalitesini etkileyen önemli unsurlardan birisi olacağı düşünülmektedir.

4 Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada tabakalı ağaç malzemeden MDFlam deney materyali olarak seçilmiştir. CNC dik işleme merkezinde çeşitli işleme parametreleri değiştirilerek 8 mm çapında delikler delinmiş, elde edilen deliklerin delik giriş ve çıkışındaki delaminasyonlar değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- MDFLam deney numunesinin delik girişleri üzerinde yapılan ölçümlerde delaminasyonda deney parametreleri açısından fark oluşturmamıştır.
- Bu sebepten delik girişleri için Taguchi optimizasyonu yapılmasına gerek görülmemiştir.
- MDFLam numunenin delik çıkışı delaminasyon değerleri incelendiğinde 1 numaralı kesici ile 14000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında (A2B3C1) en ideal sonucun alınabileceği ön görülmektedir.
- Çalışmanın sonuçlar kısmındaki verilere göre optimum noktalar ve sonuçlar değerlendirilerek delik delme işleminde öncelik düşünülen parametreler de göz önüne alınarak (delik giriş kalitesi, delik çıkış kalitesi) en uygun parametreler uygulanabilir.

Teşekkür

Bu makale, Emine Nur AKTAŞ isimli yazarın “MDFLam ve masif ağaç malzemelerin delinmesinde optimumu delme parametrelerinin belirlenmesi” başlıklı yüksek lisans tezi baz alınarak hazırlanmıştır.

Yazar Katkıları

Emine Nur Aktaş: Deneyleerin yapılması, verilerin elde edilmesi, verilerin analiz edilmesi,
Sait Dündar Sofuoğlu: Çalışma konusunun belirlenmesi ve deney tasarımının yapılması, verilerin analiz edilmesi, makalenin yazılması.

Kaynaklar

- Aktaş, E.N., (2021), MDFLam ve masif ağaç malzemelerin delinmesinde optimum delme parametrelerinin belirlenmesi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi.
- Ay, M., Turhan, A., (2010), Tornalama işleminde kesme parametrelerinin ve iş parçası uzunluğunun yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3), 55–67.
- Barbu, S.M., Badescu, L.A.M., Javorek, L., (2010), Studies concerning the chip formation at the longitudinal drilling of the beech wood with help high speed camera. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 72, 9–12.
- Bilge, T., Motorcu, A.R., ve Ivanov, A., (2017), Evaluation of the delamination factor for drilling of compact laminate composite material with tungsten carbide tools. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(4), 427–436. DOI:10.5505/pajes.2016.97992.
- Davim, J. P., Gaitonde, V. N., Karnik, S. R. (2008), An investigative study of delamination in drilling of medium density fibreboard (MDF) using response surface models. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 37(1–2), 49–57. DOI:10.1007/s00170-007-0937-8.
- Gaitonde, V.N., Karnik, S.R., Davim, J.P. (2008a), Prediction and minimization of delamination in drilling of Medium-Density Fiberboard (MDF) using response surface methodology and Taguchi design. *Materials and Manufacturing Processes*, 23(4), 377–384. DOI:10.1080/10426910801938379.
- Gaitonde, V.N., Karnik, S.R., Davim, J.P. (2008b), Taguchi multiple-performance characteristics optimization in drilling of medium density fibreboard (MDF) to minimize delamination using utility concept, *Journal of Materials Processing Technology*, 196(1–3), 73–78. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2007.05.003.
- Kacal, A., Sofuoğlu, S.D., (2013), Experimentally and statistically evaluating of drilling of massive wooden table which is made of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.). 21st International Wood Machining Seminar, Tsukuba International Congress Center, 4-7 August 2013, S:421–428.
- Kumar, A. M., ve Jayakumar, K. (2018), Drilling studies on particle board composite using HSS twist drill and spade drill. *Materials Today: Proceedings*, 5(8), 16346–16351. DOI: 10.1016/j.matpr.2018.05.129.

- Lihra, T., Ganev, S., (1999), Machining properties of Eastern species and composite panels. Vancouver, Canada Forintek Canada Corp.
- Meral, G., Sarıkaya, M., Dilipak, H., (2011), Delik delme uygulamalarında delik kalitesinin Taguchi yöntemi ile optimizasyonu, *Mühendis ve Makina*, 52(619), 42–49.
- Palanikumar, K., Prakash, S., Manoharan, N., (2009), Experimental investigation and analysis on delamination in drilling of wood composite medium density fiber boards, *Materials and Manufacturing Processes*, 24(12), 1341–1348. DOI:10.1080/10426910902997100.
- Podziewski, P., Górski, J. (2010), Feed rate influence on feed force and cutting torque while drilling in MDF (Medium-Density Fibreboard). *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 72, 160–163.
- Prakash, S., Mercy, J.L., Salugu, M.K., Vineeth, K.S.M., (2015), Optimization of Drilling Characteristics using Grey Relational Analysis (GRA) in Medium Density Fiber Board (MDF). *Materials Today: Proceedings*, 2 (4–5), 1541–1551. DOI: 10.1016/j.matpr.2015.07.080.
- Prakash, S., Palanikumar, K., Manoharan, N., (2009), Optimization of delamination factor in drilling medium-density fiberboards (MDF) using desirability-based approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 45(3–4), 370–381. DOI: 10.1007/s00170-009-1974-2.
- Rogoziński, T., Wilkowski, J., Górski, J., Czarniak, P., Podziewski, P., Szymanowski, K., (2015), Dust creation in CNC drilling of wood composites, *BioResources*, 10(2), 3657–3665. DOI:10.15376/biores.10.2.3657-3665.
- Sharapov, E., Wang, X., Smirnova, E., Wacker, J.P., (2019), Wear Behavior of Drill Bits in Wood Drilling Resistance Measurements. *Wood and Fiber Science*, 50(2), 154–166. DOI: 10.22382/wfs-2018-017.
- Sofuoğlu, S. D. (2008), Bazı yerli ağaç türü odunlarının işleme özelliklerinin yüzey kalitesi üzerine etkileri, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstrisi Makinaları ve İşletme Anabilim Dalı, Doktora tezi.
- Sofuoğlu, S.D., Kacal, A. (2013), Investigating of machining performance in terms of tool wear and hole accuracy in drilling of particleboard surfaced with synthetic resin sheet. 21st International Wood Machining Seminar, Tsukuba International Congress Center, 4-7 August 2013, S:233-240.
- Sofuoğlu, S. D., Kurtoğlu, A., (2014), Some machining properties of 4 wood species grown in Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(3), 420–427. DOI: 10.3906/tar-1304-124
- Sofuoğlu, S.D., Perçin, O., Yesil, H., Kuşcuoğlu, M.Ö. (2015), Evaluation of hole drilling operations of drill holes some tree species in Turkey. 22nd International Wood Machining Seminar, Quebec city, Canada, 14-17 June 2015, Volume 1, S:118-125.
- Szwajka, K., Trzepiecinski, T., (2018), On the machinability of medium density fiberboard by drilling, *Bio Resources*, 13(4), 8263–8278. DOI: 10.15376/biores.13.4.8263-8278.
- Szymanski, W., Pinkowski, G., Krauss, A., (2010), Impact of feed speed on the processing quality of seats on a multi-spindle drilling machine. *Ann. WULS-SGGW, For. and Wood Technol*, 71, 359–364.

- TS ISO 3129, (2021), Odun - Küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Valarmathi, T.N., Palanikumar, K., (2013), Studies on delamination in drilling of particleboard (PB) wood composite panels, *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 79(3), 339–345.
- Valarmathi, T.N., Palanikumar, K., Latha, B., (2013), Measurement and analysis of thrust force in drilling of particle board (PB) composite panels, *Measurement*, 46(3), 1220–1230. DOI: 10.1016/j.measurement.2012.11.024.
- Valarmathi, T.N., Palanikumar, K., Sekar, S., (2012), Modelling of thrust force in drilling of plain medium density fiberboard (MDF) composite panels using RSM. *Procedia Engineering*, 38, 1828–1835. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.06.226.
- Wilkowski, J., Dubis, M., Czarniak, P., (2010), Influence of cutting speed on tool life during of laminated particleboard drilling, *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 72, 463–467.
- Wilkowski, J., Grzeškiewicz, M., Czarniak, P., Litwa, M., (2010), Influence of wood thermal modification on cutting resistance during drilling, *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 72, 480–484.
- Woodson, G.E., McMillin, C.W., (1972), Boring deep holes in southern pine, *Forest Products Journal*, 22, 49-53.



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

Bekir Cihad Bal* 

Öz

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

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

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

Abstract

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

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

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

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

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

1 Giriş

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

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

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

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

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

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

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

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

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

2.2 Metot

2.2.1 Fiziksel özelliklerin belirlenmesi

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

2.2.2 Mekanik özelliklerin belirlenmesi

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

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

2.2.3 İstatistik hesaplarının yapılması

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

3 Bulgular ve Tartışma

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

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

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

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

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

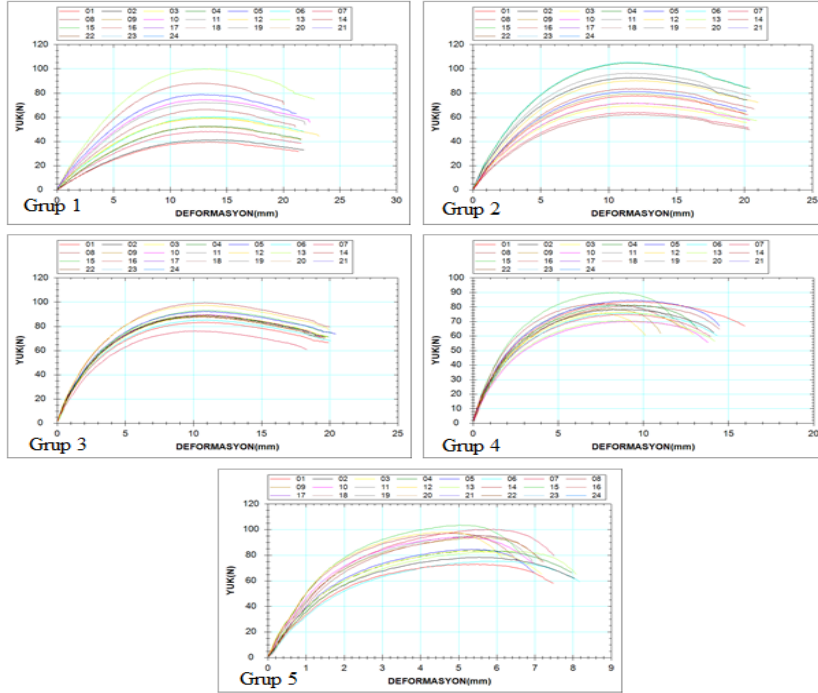
eğilme direnci ve elastikiyet modülünün azaldığı bildirilmiştir (Akbaş ve ark., 2013). Çavuş (2020) tarafından yapılan çalışmada, maun ağacı odunu ve polipropilen kullanılarak üretilen odun-plastik kompozit malzemenin odun unu yüzdesi arttıkça eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerinin arttığı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

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

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

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

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



Şekil 1. Eğilme direnci testinde yük-deformasyon grafikleri

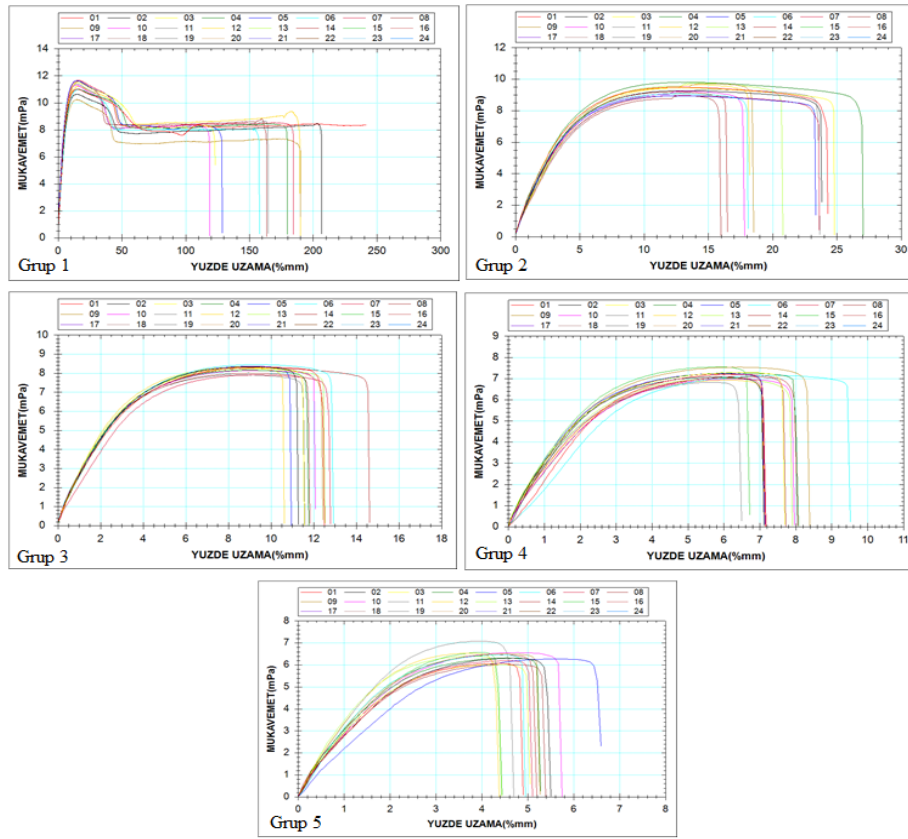
Çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve çekme testinde kopmada uzama yüzdesi verileri Çizelge 3’de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, Çekme direnci ve kopmada uzama değerlerinin odun unu yüzdesi arttıkça azaldığı, ancak, çekmede elastikiyet modülü değerinin arttığı görülmektedir. Çekme direnci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

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

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

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

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



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

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

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

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

4 Sonuçlar ve Öneriler

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

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

Teşekkür

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

Yazar Katkısı

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

Kaynaklar

- Akbaş, S., Tufan, M., Güleç, T., Taşcıoğlu, C., & Peker, H. (2013). Fındık kabuklarının polipropilen esaslı polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1), 50-56.
- Altuntaş, E., Yılmaz, E., & Salan, T. (2017). Yüksek oranda lif dolgu maddesi kullanımının odun plastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. *Turkish Journal of Forestry*, 18(3), 258-263.
- ASTM D 638., (2004). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA. 1–24s.
- ASTM D 790., (2004). Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, Philadelphia, PA. 1–9s.
- ASTM D 2240., (2010). Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness. American Society for Testing and Materials, WestConshohocken, Pennsylvania, United States. 1–27s.

- Atar İ., Başboğa, İ. H., Karakuş, K., & Mengeloğlu, F. (2016). Utilization of eggplant (*Solanum melongena*) stalks as a filler in manufacturing of compress molded pp based composites. *European Journal of Technique (EJT)*, 6(2), 138-144.
- Atar İ., Başboğa, İ. H., Karakus, K., & Mengeloğlu, F. (2021) Effect of waste tea (*Camellia sinensis*) wood fibers and mape on some properties of high density polyethylene (HDPE) based polymer composites, *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 606-619.
- Ayrilmis, N., & Jarusombuti, S. (2011), Flat-pressed wood plastic composite as an alternative to conventional wood-based panels. *Journal of composite materials*, 45(1), 103-112.
- Çavuş, V., & Mengeloğlu, F. (2017), The effect of lignocellulosic filler types and concentrations on the mechanical properties of wood plastic composites produced with polypropylene having various melt flowing index (MFI). *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(8).
- Cavus, V. (2020, Selected properties of mahogany wood flour filled polypropylene composites: the effect of maleic anhydride-grafted polypropylene (MAPP). *BioResources*, 15(2), 2227-2236.
- Çetin, N. S., Özmen, N., Narlioglu, N., & Çavus, V. (2014), Effect of bark flour on the mechanical properties of HDPE composites, *Usak University Journal of Material Sciences*, 3(1), 23.
- Friedrich, D. (2021). Thermoplastic moulding of Wood-Polymer Composites (WPC): A review on physical and mechanical behaviour under hot-pressing technique. *Composite Structures*, 262, 113649.
- Kaymakci, A., & Ayrilmis, N. (2014), Waste chestnut shell as a source of reinforcing fillers for polypropylene composites, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 27(8), 1054-1064.
- Mengeloğlu, F., & Karakuş, K. (2008). Some properties of eucalyptus wood flour filled recycled high density polyethylene polymer-composites. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 32(6), 537-546.
- Mengeloğlu, F., & Çavuş, V. (2020). Preparation of Thermoplastic Polyurethane-based Biocomposites through Injection Molding: Effect of the Filler Type and Content. *BioResources*, 15(3), 5749-5763.
- Narlıoğlu, N., Çetin, N. S., & Alma, M. H. (2018). Karaçam testere talaşının polipropilen kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 38-45.
- Ndiaye, D., Matuana, L. M., Morlat-Therias, S., Vidal, L., Tidjani, A., & Gardette, J. L. (2011), Thermal and mechanical properties of polypropylene/wood-flour composites, *Journal of applied polymer science*, 119(6), 3321-3328.
- Örs, Y., Keskin, H., (2001). Ağaç Malzeme Bilgisi, Gazi Üniversitesi Ders Kitabı, S:77, Ankara.
- Özmen, N., Çetin, N. S., Narlıoğlu, N., Çavuş, V., & Altuntaş, E. (2014). MDF atıklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15, 65-71.

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



Do it-yourself furniture: Part A - Designing fittings for an easy-to-manufacture hybrid chair

Tuğba Yılmaz Aydın*^{ID}

Abstract

Traditional productions of goods are being changed by technological advances. Furniture production also takes its portion from this either positive or negative manner. Because either traditional wood material preparing ways or design and manufacturing of fittings are being changed by the technological software and hardware. The do-it-yourself perspective of additive manufacturing applications emerges as a reflection of these advances and changes. Different types of connectors were designed and manufactured for a specific joint of a chair by previously published studies. However, in this study, four different connector types were designed for properly assemble of a chair instead of element joint in accordance with the do-it-yourself perspective. CATIA software was used for three-dimensional modeling and assembly. Dowels were applied to each joint for strengthening chair construction. Wooden elements were designed without curves to provide easy-to-manufacture chairs for end-users who have limited knowledge about wood joinery. Views and sections were included for presenting the assembly details. Some construction add-ons such as an upholstery seat and a backrest with a proper slope were offered to improve the comfort issue that arises from the straight-line design approach.

Keywords: CATIA, Chair, Connector

Kendin yap mobilya: Bölüm A – Kolay imal edilebilir melez sandalye için bağlantı elemanları tasarımı

Öz

Teknolojik gelişimlerle birlikte ürünlerin geleneksel imalat şekilleri değişmektedir. Mobilya imalatı da bundan olumlu ya da olumsuz anlamda payını almaktadır. Çünkü gerek geleneksel ahşap malzeme hazırlama gerekse de bağlantı elemanı tasarım ve üretimi teknolojik yazılım ve donanımlarla değişime ve gelişime uğramaktadır. Eklemeli imalat ile kendin yap anlayışı da bu gelişim ve değişimin yansımalarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Önceki çalışılarda genellikle sandalyenin belli bir bağlantısı için farklı tip elemanlar tasarlanıp üretilmiştir. Fakat bu çalışmada, kendin yap anlayışı doğrultusunda bir sandalye montajının tam olarak yapılmasını sağlamak için dört farklı bağlantı elemanı tasarlanmıştır. Üç boyutlu modelleme ve montaj için CATIA yazılımı kullanılmıştır. Sandalye konstrüksiyonunu güçlendirmek için herbir bağlantı noktasına kavelalar uygulanmıştır. Ahşap parçalar, ahşap doğramacılığı hakkında kısıtlı bilgiye sahip olan nihai kullanıcıların bir sandalyeyi rahatlıkla imal edebilmesi için herhangi bir kavis olmadan tasarlanmıştır. Sandalye montaj detaylarını göstermek için görünüşler ve kesitlere yer verilmiştir. Uygun eğimlere sahip takılıp çıkarılabilir döşemeli oturak ve sırtlık gibi bazı konstrüksiyon eklentileri düz hatlı tasarım yaklaşımı nedeni ile ortaya çıkan konfor meselesini iyileştirmek için önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bağlantı elemanı, CATIA, Sandalye

1 Introduction

Sitting on a floor, carpet, stone, tree trunk, or modern thing such as a chair is a relaxative and vital activity for the human being from past to now. In the past, it was not as comfortable as now due to material variety, and improvements in transformation abilities such as using machines to manufacture goods that are effectively designed using software considering ergonomics and other human-related scientific data. Furthermore, emerge of the engineered materials for the production which made goods (such as chairs) available to the community instead of notable historical figures or people who had high purchasing power in the past. Moreover, material and production method innovations appeared in all fields of design along with the industrial revolution (Uludüz and Aydın 2022). Changes and transformations are an inevitable part of history not only for humans but also almost for everything. For example, advances in technology made changes in the design and production style of chairs. However, firmly in contact with the body for comfort and health, utilization ability in lots of places and moments are the main features of a chair (Kim et al. 2011). Furthermore, chairs are the furniture that has prearranged and personal seating spaces (Çevik 2010).

Personalization of the production is not untouchable in recent years due to technological developments such as additive manufacturing (AM) or in other words three dimensional (3D) printing. The AM or 3D printing is not a new-sprung method for production, indeed 80's are the years of emerging technology but nowadays they have become actual. Because, the basics of production were reformed by AM due to some outstanding properties such as speed, the ability of complex geometry production, and economy (Bandyopadhyay and Heer 2018). However, most 3D printers are being used for rapid prototyping instead of manufacturing although significant improvements were made,. It is because, limited building volumes and material features, and long printing durations are the essential limitations of 3D printing to overcome (Hajash et al. 2017). But, by producing new innovative materials, furniture production took place in AM and Cellular loop, a cantilever chair based on biomimetic using 3D printer, is one of the rapid prototyping examples for furniture (Peters and Drewes 2019).

Software, 3D printers, and innovative materials can be assumed as game-changing advances that have impacts on traditional carpentry and, day by day, the number of researches that focused on the evaluation of these three factors in furniture production increases. Followings are some recent studies dealing with chair properties; Chair design (Sperling et al. 2006), prototyping of a chair using 3D printing (Bhooshan et al. 2017; Yulvan and Sunarmi 2019), use of 3D scanners and printers for the renovation of damaged round element used for joining the veneer laminated chair and metal legs (Akkaş and Andaç Güzel 2021), comfort evaluation of Office chair (Maradei García et al. 2017), office chair design according to ergonomic-anthropometric approaches (Noshin et al. 2018), user-oriented chair design (Kim et al. 2011), design and evaluation of mechanical behavior of low-cost school chair (Začal et al. 2016), and finite element analysis of chair (Aydın and Yılmaz Aydın 2017; Yılmaz Aydın et al. 2016).

CATIA is the software that includes computer-aided design (CAD), manufacturing (CAM), engineering (CAE), and product lifecycle management (PLM) modules and is known lesser in the wood science and technology field. Therefore, there are limited studies that evaluated wood or wood-based products using CATIA, and the followings are some of them. Stress analysis of poly-urethane (PU) armchair seat (Butnar et al. 2016), ergonomics evaluation of chair (Ansari et al. 2018; Binti Mohd Ali 2010; Mahantesh et al. 2021; Sarı and Şahin 2019; Paloma 2018; Yusuff et al. 2008) and office furniture (Top 2019) by RULA,

modeling the scanned chair of Thonet (Barros et al. 2011), 3D modeling and finite element analysis (Haraga and Goantă 2017), and parametric design of furniture (Buna et al. 2015).

Providing uncomplicated structures including joints to decrease the unforeseeable expenses of an intricate design to avoid material losses (Valiyousefi and Alihedarloo 2019) and designing a furniture assembly components using CATIA which the end-user can produce using AM and using these components to assemble a chair or stool is the main motivation of this study. When the literature was reviewed, it can be seen that studies on chair assembly using additively manufactured connectors focused on just one specific joint of the chair elements such as the front leg and stretcher. However, this study presented a complete connector set for a chair assembly.

2 Materials and Methods

CATIA v5 R17 software was used to design and 3D modeling of connectors. Part and assembly design modules were used for element modeling and joints, respectively. As can be seen in Figure 1, four different connectors were designed to make a chair or stool construction available. The wall thickness of the connectors is 2mm. At the core of the design, there is a 29x29 hollow cube with 2mm thick walls and it has a 31mm extension to provide connections of wood parts. The Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) and polylactic acid (PLA) material properties were applied to connector models. Moreover, the default material library was used for wooden elements.

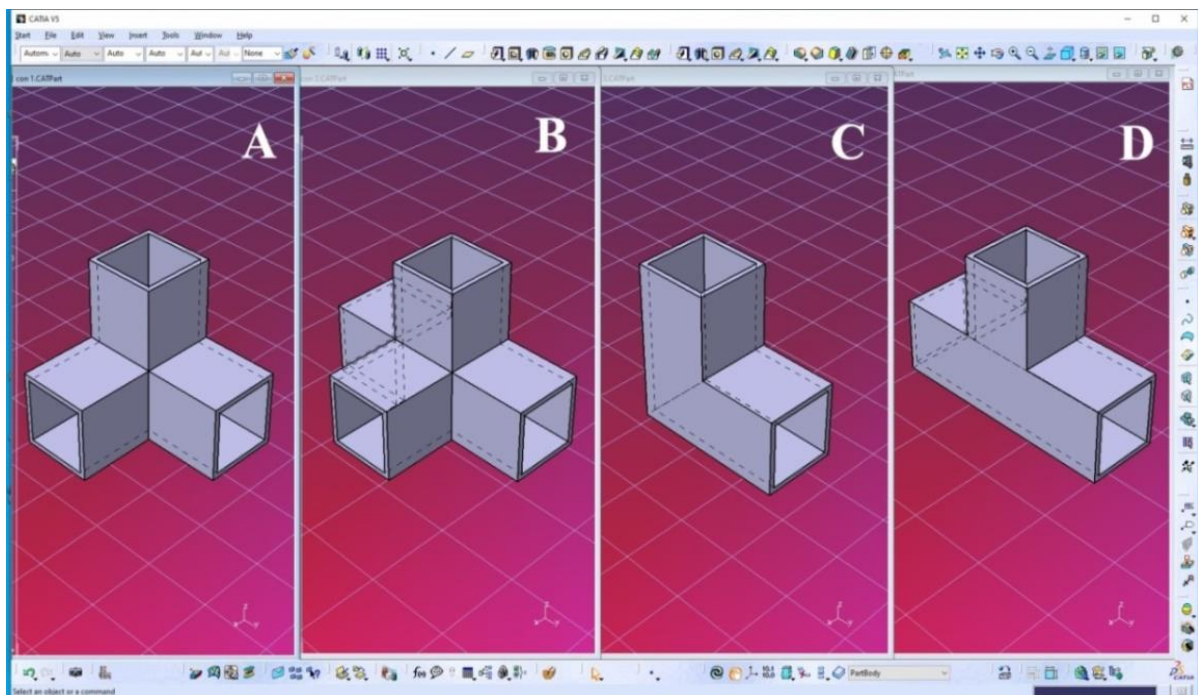


Figure 1. Four different connector designs

Wooden elements, seen in Figure 2, were designed without any curve according to easy-to-manufacture criteria. Cross-cut size of all the wooden elements is 25x25mm. Seat height without seating element (40cm) and depth (42cm), and backrest height (90cm) are in the range of typical values reported in (Home-Douglas 1994). Therefore, inner parts are sized according to these values and joinery details. For the exact positioning of the wooden elements and connectors, constraints such as contact (directed surfaces) and coincidence (element alignment) were defined. At the end of the assembly, exploded view was presented (Figure 2 right) to demonstrate the assembly details.

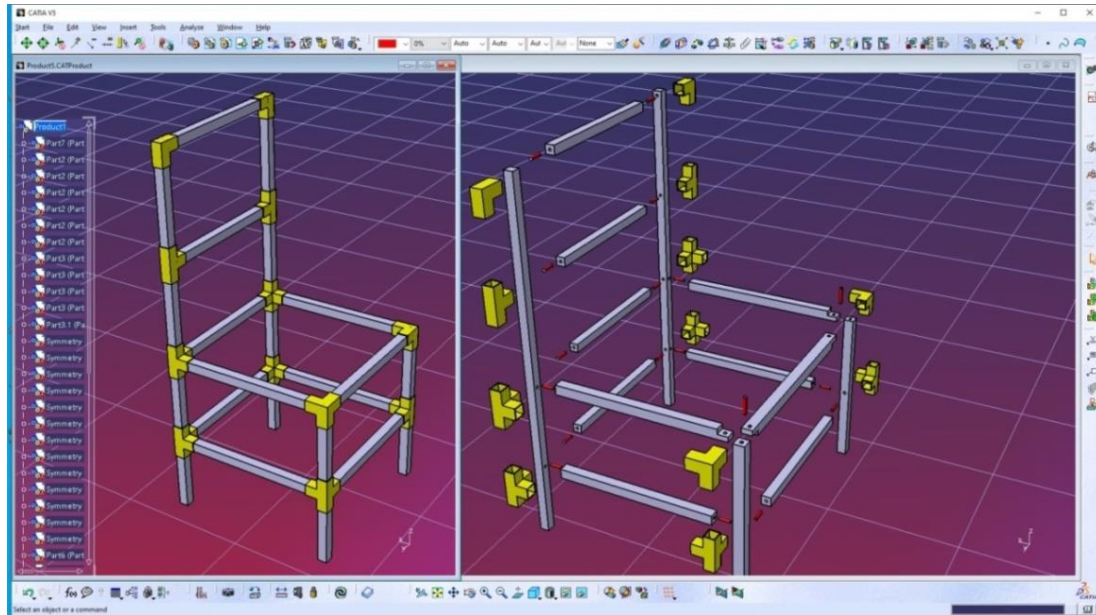


Figure 2. Assembly details

3 Results and Discussion

A total of 12 connectors (2xA, 6xB, 2xC, and 2xD) are needed to assemble the chair frame. As can be seen in Figure 2, dowels were used to fasten chair elements to one another. Furthermore, an end lap joint was used to fasten the apron (also seat or front rail) and side rails together. Moreover, as can be seen in the E, G, K, and M section views projected from Figures 3 and 4 are presented in Figure 5, the apron and side rails were connected to the front leg using a dowel. These two joinery tricks improve the rigidity of the construction. As can be seen in Figure 2, all the chair elements were designed as flat or straight instead of curved or else. It can be thought that a sense of aesthetic is regarded but in this study, the main motivation was to provide a design for producing a chair by performing a few production processes not only for the simplicity of the do-it-yourself perspective but also to minimize production cost and easy to the accessibility of straight-line simple wooden element if the person does not have woodworking tools such as circular saw, etc. Furthermore, in the design phase, some of the ergonomic criteria such as backrest slope were overlooked, and the chair may fail to satisfy comfort. Furthermore, it may shorten the sitting duration due to discomfort. These disadvantages are not related to fittings and discomfort arises due to reduced contact area between person and chair. Because, when the angle between the back of the chair is higher than 90° , load distribution changes and the backrest undertakes some of the load by improving the contact area of the upper body. On the other hand, the slope of the seat is another factor that influences the load or pressure distribution. Therefore, elements, particularly for the backrest of the back leg and side rail, should be designed with proper slopes. Such slopes also cause design changes for the fittings A and B. However, there is no slope between the legs and stretcher which are fixed together using fitting B. Therefore, in addition to these, A and B fittings with proper slopes should be produced. In this case, dowel holes should be drilled at a specific angle which may make production difficult for the regular users for the do-it-yourself process.

Stretchers were fixed to front and back legs using but-joints reinforced by dowels. Back legs were assembled on top and cross rails with dowels. A seating element was not designed because a seat with a cushion, laminated seat, or else can be applied according to consumer perceptions.

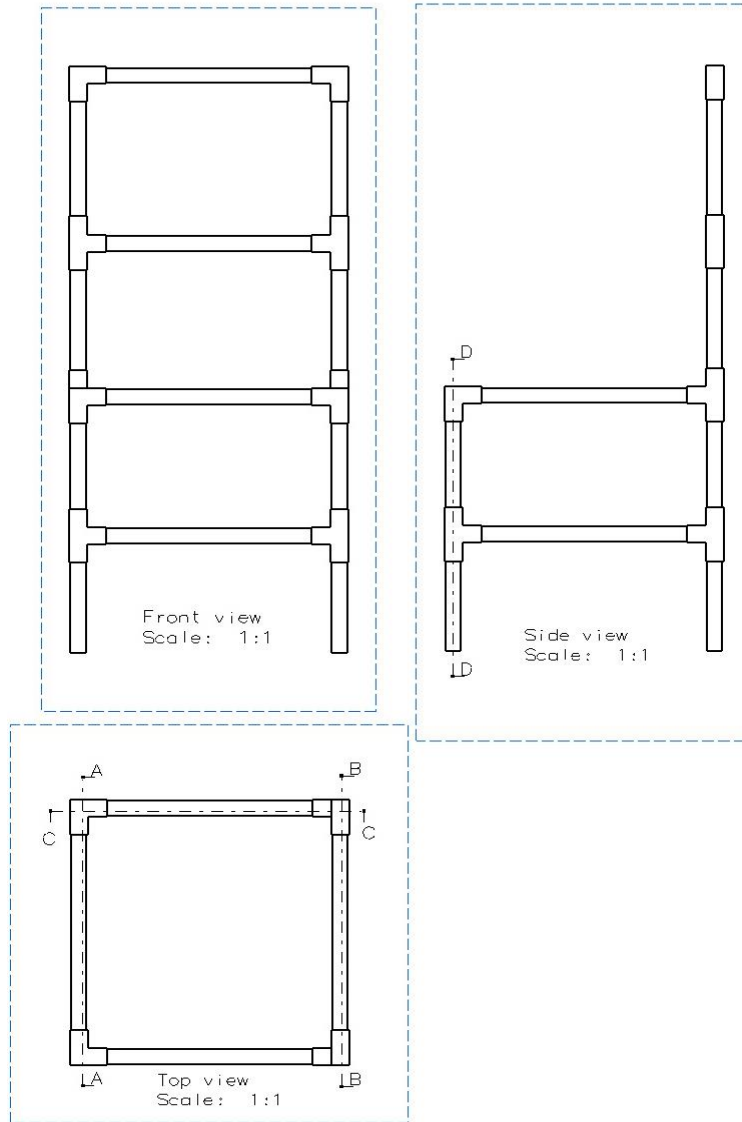


Figure 3. Top, front, and side views

The structural durability of the assembly is crucial and should be evaluated considering the related standards. For example, Uysal et al. (2015) evaluated the cyclic front-to-back load of four different stools assembled by screw, bed bold, mortise-tenon (pinned and glued), and dowel. Chen et al. (2022) evaluated the mechanical behavior of commonly used detachable and novel joints. Demirel and Kalaycı (2020) and Demirel and Bas (2021) evaluated the mechanical characteristics of furniture joints with staples. These are some of the traditionally produced furniture examples but, digital joinery for hybrid carpentry (Magrisso and Zoran 2019) is not a fiction indeed is a reality due to developments in the fields related to manufacturing technologies such as 3D printing. Furthermore, 3D printed furniture such as chairs, tables, and fittings at local shops of the consumers does not take long (Eti Proto and Koç Sağlam 2021). Therefore, a pilot study is going to figure out the mechanical behavior of assembled chairs with 3D printed connectors including numerical analysis to exemplify the hybrid carpentry. Performing destructive tests is important for determining the design failures and mechanical behavior which may provide essential feedback for size, shape, and topology improvements to meet the requirements. This issue is going to be figured out by the second phase of this study.

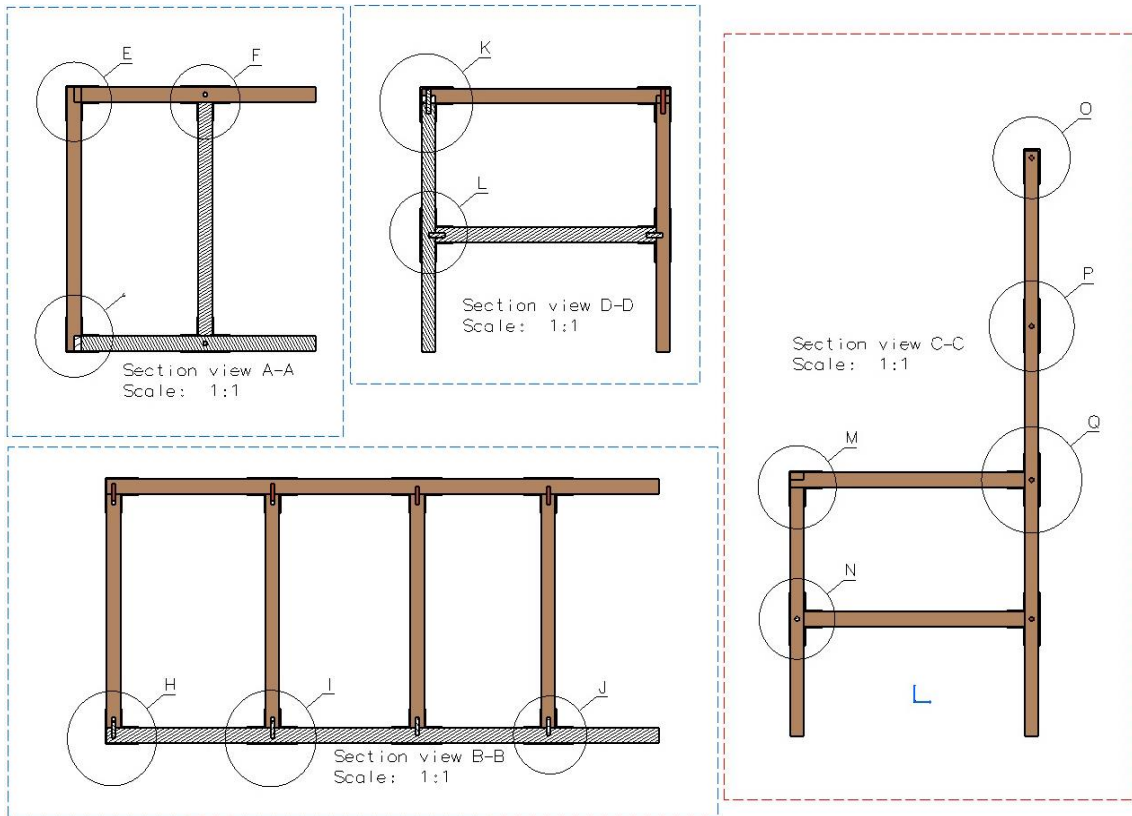


Figure 4. Section views

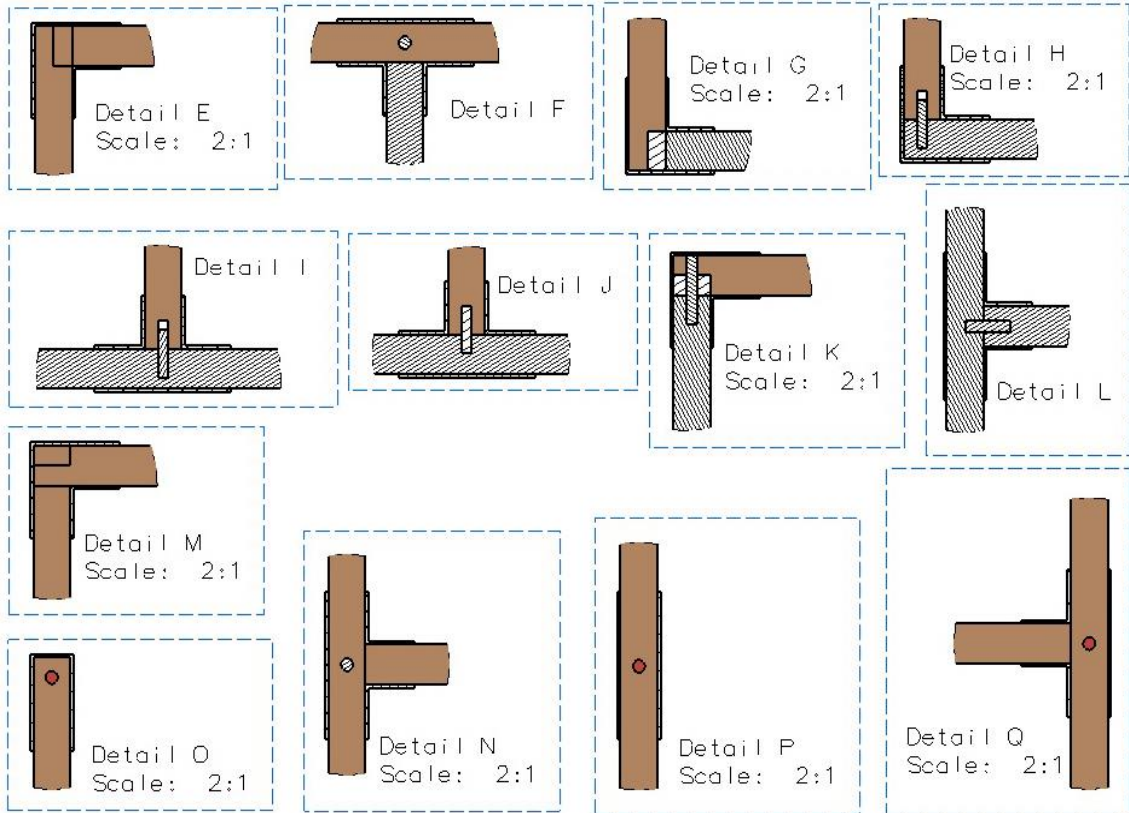


Figure 5. Details for the section views

A similar connector, seen in Figure 6, was designed by Nicolau et al. (2022) for comparing the mechanical behavior of mortise and tenon and 3D printed connector (fiberglass-reinforced PLA) connected chair leg and stretcher. As can be seen in Figure, one of the essential differences is the curved edges and support extensions.

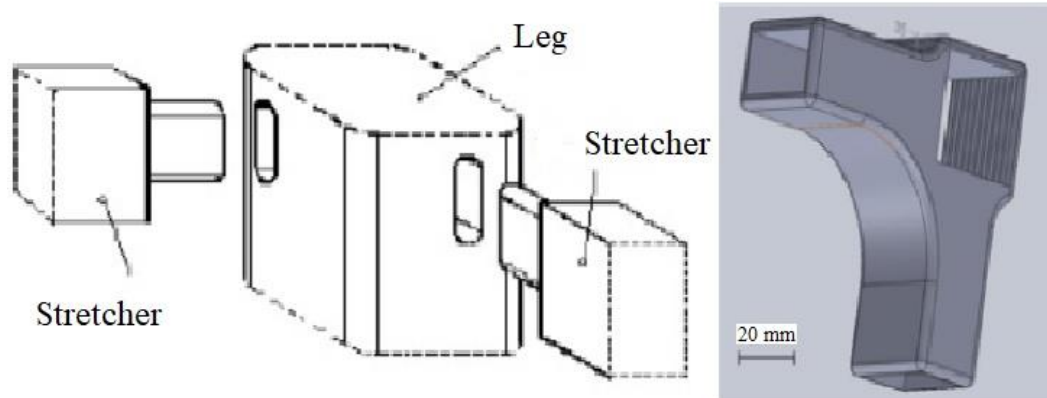


Figure 6. Mortise-tenon jointed chair leg and connector design for leg and stretcher (Nicolau et al. 2022)

As well-known, wood has a porous and hydrophilic nature and polymeric materials used in 3D printing for furniture applications are generally hydrophobic. Due to the opposing behavior of these two materials, fixing them using chemicals requires attention to provide sufficient bonding strength as Kariz et al. (2017) noticed for bonding ABS and beech lamella.

Plainness, weightlessness, and packing ability in relatively small volumes for personal or commercial shipments are some of the prominent properties for achieving the title of the most sold chairs globally (Barros et al. 2011), and it can be said that chair design of this study is able to meet all of these requirements while comfort is questionable. The designs of the majority of the chair produced even now are not as they should be and the bulk of the chairs is comfortless (Malik et al. 1984). Indeed, instead of aesthetics, ergonomics is basic for the comfort of a chair (Dainoff et al. 2007). Therefore, without reducing the easy-to-manufacture perspective, some improvements should be added to eliminate such adverse effects of the straight-lined elements used in this study. For example a detachable back support and cushion seat with the proper angle. Further information on a scientifically designed chair that meets the ideal seating is reported by Malik et al. (1984).

Typical seat and backrest angles are 0° to 5° and 10° to 15° , respectively (Home-Douglas 1994). In this study, the angles of the seat and backrest are 0° . For this study, straight lines were chosen due to provide easy-to-manufacture parts for end-users who have limited knowledge about material and complex production ways for joints. For seating angle, 0° seating angle may cause front sliding of the user. However, a 0° backrest angle may cause sitting disorders or discomfort. Therefore, for the users who are willing to produce do it yourself (DIY) chair, angle and height are two important parameters that should be taken into consideration to minimize neck strain and adequate support.

Two mm wall thickness of the connectors may look unaesthetic due to the difference in the surface levels. Therefore, elements should be prepared as presented in Figure 7 (rendering with wood texture does not reflect the proper surface views corresponding to the log cuts such as quartersawn, flatsawn, or riftsawn) to equalize the surface levels. However, this modification is applicable only for the outer sections of the elements and requires cutting capabilities that a regular user cannot do.

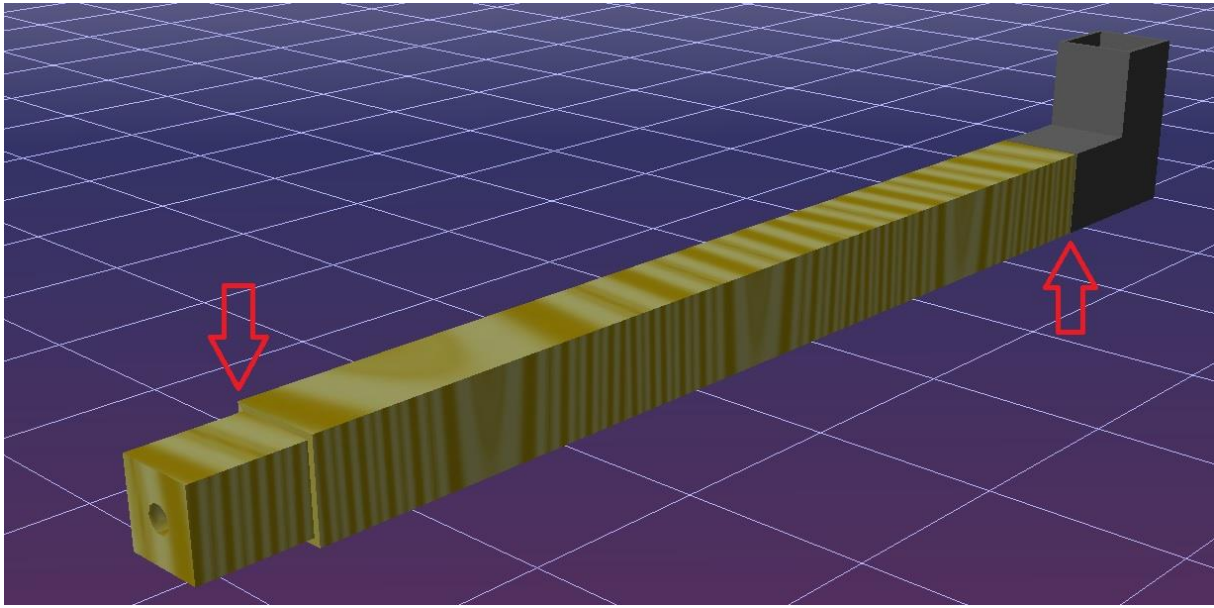


Figure 7. Modification of the element to equalize the surface levels

Footstep of the AM in furniture production on the increase and some dramatic changes run up on us. Traditional professions such as furniture production would be adversely influenced by AM if all the production activities begin and finish between the designer and printer (Aydın 2015). Recent developments in manufacturing technologies and related fields are steering traditional processes through advanced methods such as AM. The AM may play an essential role in the hybridization of carpentry with the utilization of advanced 3D modeling software and printing processes. This can be assumed as a potential disruptive side of the AM for traditional business.

4 Conclusion

In this study, four different connectors with 2 mm wall thickness were designed to assemble straight line wooden elements for making available DIY chair production.

- Besides providing joinery for the chair, just two of them (Figures 1-A and B) can be used to assemble a stool.
- The weak sides of the connectors are going to be re-designed after performing the mechanical testing and numerical comparison by a pilot study.

Acknowledgement

The author declares no conflict of interest. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Author Contributions

Tuğba Yılmaz Aydın: Research idea, planning and conducting studies, obtaining data, writing the manuscript, publishing the manuscript.

References

Akkaş, G., Andaç Güzel, T., (2021), Strength of a chair renovated with additive production systems and reverse engineering approach. *European Journal of Science and Technology*, 32, 1150–1155. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1054613>


- Ansari, S., Nikpay, A., Varmazyar, S., (2018), Design and development of an ergonomic chair for students in educational settings. *Health Scope*, 7(4), 1-9. <https://doi.org/10.5812/jhealthscope.60531>
- Aydın, M., (2015), Additive Manufacturing: Is it a new era for furniture production? *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, 5(6), 338-347. <https://doi.org/10.17265/2159-5275/2015.06.002>
- Aydın, M., Yılmaz Aydın, T., (2017), Finite element analysis of chair frame using CATIA. In A. Aytin, S. Çiftçi, and İ. Baykal (Eds.), 4th International Furniture and Decoration Congress (pp. 22-32). Düzce: Düzce Üniversitesi.
- Bandyopadhyay, A., Heer, B., (2018), Additive manufacturing of multi-material structures. *Materials Science and Engineering R: Reports*, 129, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.mser.2018.04.001>
- Barros, M., Duarte, J. P., Chaparro, B., (2011), Thonet chair design grammar: A step towards the mass customization of furniture. *Designing Together: CAADFutures 2011 - Proceedings of the 14th International Conference on Computer Aided Architectural Design*, 181-200.
- Bhooshan, V., Fuchs, M., Bhooshan, S., (2017), 3d-printing, topology optimization and statistical learning: A case study. *Simulation Series*, 49(11), 88-95. <https://doi.org/10.22360/simaud.2017.simaud.012>
- Binti Mohd Ali, N. A., (2010), Risk of musculo-skeletal disorders and the development of ergonomic furniture for primary school children in Malaysia. Universiti Putra Malaysia.
- Buna, Z., Badiu, I., Eles, A., (2015). On using parametric modeling in furniture design. *Acta Technica Napocensis - Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering*, 58(2), 239-244.
- Butnar, L. A., Basarman, A. P., Tranisan, D. I., Cioban, H. A., (2016), Von mises stress analysing of the polyurethane armchair seat. *Materiale Plastice*, 53(4), 678-680.
- Çevik, G., (2010), American style or Turkish chair: The triumph of bodily comfort. *Journal of Design History*, 23(4), 367-385. <https://doi.org/10.1093/jdh/epq028>
- Chen, B., Xia, H., Hu, W., (2022), The design and evaluation of three-dimensional corner joints used in wooden furniture frames: Experimental and numerical. *BioResources*, 17(2), 2143-2156.
- Dainoff, M., Mark, L., Ye, L., Petrovic, M., (2007), Forget about aesthetics in chair design: Ergonomics should provide the basis for comfort. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4566 LNCS, 19-25. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73333-1_3
- Demirel, S., Bas, S., (2021), Evaluation of creep characteristics of singlestaple furniture joints made of different wood species. *Drvna industrija*, 72(2), 179-186.
- Demirel, S., Kalayci, G., (2020), Measuring and estimating shear force of one stapled and one-row multi stapled wood joints. *Maderas ciencia y tecnología*, 22(3), 395-404. <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2020005000313>
- Eti Proto, M., Koç Sağlam, C., (2021), Furniture design education with 3D printing technology. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 240, 97-105. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77040-2_13

- Hajash, K., Sparrman, B., Guberan, C., Laucks, J., Tibbits, S., (2017), Large-scale rapid liquid printing. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 4(3), 123–131. <https://doi.org/10.1089/3dp.2017.0037>
- Haraga, G., Goantă, A. M., (2017), FEA analysis and design optimization for a multifunctional piece of furniture. *MATEC Web of Conferences*, 112. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711206009>
- Home-Douglas, P., (1994), *The art of woodworking: Building chairs*. Richmond, Virginia: Time-Life Books.
- Kariz, M., Kuzman, M. K., Sernek, M., (2017), Adhesive bonding of 3D-printed ABS parts and wood. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 31(15), 1683–1690. <https://doi.org/10.1080/01694243.2016.1268414>
- Kim, G. H., Choi, K. R., Sung, Y. J., (2011), A study on versatile chair design reflecting users' behavior. *Journal of the Korea Furniture Society*, 22(3), 151–159.
- Magrisso, S., Zoran, A., (2019), Digital joinery for hybrid carpentry. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 24, 441–461. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03676-8_16
- Mahantesh, M. M., Rao, K. V. S. R., Mandal, J., (2021), Human digital modeling and RULA analysis for an office chair user in computer work environment - A case study in Indian context. *AIP Conference Proceedings*, 2316. <https://doi.org/10.1063/5.0036414>
- Malik, S. L., Jurgens, H. W., Helbig, K., (1984), Designing a chair: A scientific perspective. *Indian Anthropologist*, 14(1), 41–61.
- Maradei García, F., Galindo Estupiñan, Z., Castellanos Olarte, J., (2017), Comfort testing in office chair design. *Revista UIS Ingenierías*, 16(1), 69–74. <https://doi.org/10.18273/revuin.v16n1-2017007>
- Sarı, M.İ., Şahin, İ., (2019), Ergonomic analysis based on digital human modelling: adjustable school furniture design for secondary school students. *Journal of Polytechnic*, 0900(4), 1097–1110.
- Nicolau, A., Alin Pop, M., Coşereanu, C., (2022), 3D printing application in wood furniture components assembling. *Materials*, 15(2907), 1–15.
- Noshin, L., Sen Gupta, H., Kibria, M. G., (2018), Office chair design: a systematic approach of ergonomic design based on the anthropometric measurement of Bangladeshi people. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 7(2), 224–234. Retrieved from http://www.riejournal.com/article_63512.html
- Paloma, M. F., (2018), *Redesign of a classroom chair from the campus of Parma*. Università di Parma, Italy.
- Peters, S., Drewes, D., (2019), Additive production and 3d printing. In S. Peters and D. Drewes (Eds.), *Materials in Progress: Innovations for Designers and Architects* (pp. 158–193). Berlin: Birkhäuser.
- Sperling, L., Kristav, P., Olander, E., Eriksson, J., Lekeberg, H., (2006), Exploring emotions for design of your future chair. Proceedings from the 5th Conference on Design and Emotion 2006.
- Top, N., (2019), Ergonomic analysis and redesign of operational office furniture design by RULA method. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(3), 290–299.
- Uludüz, Ç., Aydın, Ç., (2022), Machine as the designer of generative solutions in chair

- design. *Journal of Computational Design*, 3(1), 81–104. <https://doi.org/10.53710/jcode.1070450>
- Uysal, M., Haviarova, E., Eckelman, C. A., (2015), A comparison of the cyclic durability, ease of disassembly, repair, and reuse of parts of wooden chair frames. *Materials and Design*, 87, 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.08.009>
- Valiyousefi, M., Alihedarloo, A., (2019). Study the impact of 3D-printed joints on the complex wooden structures. International Congress on Science and Engineering. Tokyo: University of Tokyo.
- Yılmaz Aydın, T., Güntekin, E., Aydın, M., (2016), Finite element (FE) analysis of chair frames constructed with Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.). 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress, 1919–1925. Adana: Çukurova University.
- Yulvan, Y., Sunarmi, S., (2019), Technology of 3D Printing in the creation of design by Interior Design Students, In: SEWORD FRESSH 2019, 27 April 2019, Surakarta, Central Java, Indonesia. <https://doi.org/10.4108/eai.27-4-2019.2286938>
- Yusuff, R. M., Ny, Y. S., Aziz, F. A., (2008), Ergonomics evaluation of school furniture design for primary school children in Malaysia. The 9th Southeast Asian Ergonomics Society Conference, (1992), 1–9.
- Záčal, J., Dostál, P., Šustr, M., Barboutis, I. A., (2016), Design and testing of low cost chair with round mortise and tenon joints. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 64(2), 567–572. <https://doi.org/10.11118/actaun201664020567>



Sedir odunundan (*Cedrus libani* A. Richard) katran üretimi ve halk sağlığında kullanım alanları

Fatih Tuncay Efe * 

Öz

İnsanlar antik çağlardan beri doğayla ve özellikle bitkilerle yakından ilgilenmiştir. Bu kapsamda onları gıda, yakıt, ilaç vb. amaçlarla kullanmıştır. Geçmişten günümüze bitkilerin tıbbi amaçlı kullanımına dair bilgi birikimi tıbbi folklor olarak aktarılmış ve modern zamanlarda onların önemi daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır. Bu bitkilerden biri olan Sedir (*Cedrus libani* A. Richard), Türkiye'nin önemli endemik ağaç türlerinden biridir. Lübnan sediri veya Toros sediri olarak da bilinir. Lübnan, Suriye ve Türkiye'nin güneyindeki Kilikya Toros dağlarında doğal olarak yetişir. Toros sedirinin özellikle öz odunu mantar ve böceklere karşı biyolojik olarak oldukça dayanıklıdır. Biyolojik dayanıklılığın yanı sıra, bu ağacın odunu geçmişte tapınaklar, saraylar ve gemiler gibi çeşitli yapıların inşasında yaygın olarak kullanıldı. Hâlihazırda döşeme, lambri, ahşap kamelya ve pergola dahil birçok kullanım alanı vardır. Sedir odunu el ve makinelerle kolaylıkla işlenebilir. Ayrıca onun biyolojik dayanıklılığını sağlayan birçok ekstraktif madde içerir. Katran, Toros Sedir ağacından çıkarılabilen malzemelerden biridir ve bu uzun yıllardır yapılmaktadır ve günümüzde de devam etmektedir. Eski Mısırlılar bu katranı firavunlarının cesetlerini mumyalamak için kullandılar. Ayrıca halk hekimliğinde yaraları iyileştirmek için sedir katranı kullanılmıştır. Bu çalışmada sedir katranının geleneksel üretimi, özellikleri ve halk hekimliğinde kullanımı hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar kelimeler: Sedir katranı, Tıbbi folklor, Toros sediri

Production of tar from cedar wood (*Cedrus libani* A. Richard) and its uses in public health

Abstract

People have been closely interested in nature and especially plants since ancient times. In this context, they were used for food, fuel, medicine, etc. The knowledge about the medicinal use of plants from the past to the present has been transferred as medical folklore and their importance has begun to be better understood in modern times. Cedar (*Cedrus libani* A. Richard), one of these plants, is one of Turkey's most important endemic tree species. It is referred to as Lebanon Cedar or Taurus Cedar. Taurus Cedar is grown naturally in Lebanon, Syria, and the Cilician Taurus mountains of southern Anatolia or modern-day Turkey. The wood of Taurus Cedar, especially the heartwood, is quite biologically resistant to fungi and insect attacks. Due to its biological durability, this wood has been used extensively in the past to build various structures, such as temples, palaces, and ships. Moreover, the wood contains many different extractive materials that ensure its biological durability. Tar is one of the materials that can be extracted from Taurus Cedar wood, and this has been done for many years and continues today. The ancient Egyptians used this tar to mummify the corpses of their Pharaohs. In addition, cedar tar has been used to heal wounds in folk medicine. This study provides information about the traditional production of cedar tar, its properties, and its usage in folk medicine.

Keywords: Cedar tar, Medical folklore, Taurus cedar

Makale tarihçesi: Geliş:11.06.2022, Kabul:21.06.2022, Yayınlanma:30.06.2022, *e-posta: fatihtuncayefe@gmail.com.

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Yenice MYO, Ormancılık Bölümü, Çanakkale/Türkiye.

Atıf: Efe, F.T., (2022), Sedir odunundan (*Cedrus libani* A. Richard) katran üretimi ve halk sağlığında kullanım alanları, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5 (1), 61-70, DOI: 10.33725/mamad.1129246

1 Giriş

Kozalaklı ağaçlar arasında Lübnan sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) en görkemlilerinden biridir. Ahşabı binlerce yıldır ticari olarak önemli olmuştur. Birçok eski uygarlık ahşaplarını yüzyıllar boyunca evlerinde, tapınaklarında, lahitlerinde ve mezarlarında kullanmıştır (Kayacık ve Aytuğ, 1968; Aytuğ ve Görcelioğlu, 1987; Efe ve Bal, 2016).

Bu ağaç, Lübnan, Toros dağları, Suriye ve güney Türkiye'ye özgüdür (Masri, 1995). Ancak bugün en büyük doğal yayılımı Akdeniz bölgesinde Toros dağlarındadır. Ayrıca Karadeniz yakınlarında da belirgin bir kalıntı popülasyonu bulunmaktadır (Atalay, 1987; Anşin ve Küçük, 1990).

Piroliz, oksijen yokluğunda biyokütleyi gaz, sıvı ve kömür ürününe dönüştüren termal bir yöntemdir. Biyokütle çeşidi ve termal koşullar bu ürünlerin verimini etkiler. Yavaş piroliz (düşük sıcaklık, uzun kalma süresi) kömür verimini artırırken, hızlı pirolizde (orta sıcaklık, kısa kalma süresi) sıvı katran verimi yüksektir (Bridgwater, 2003; Li ve ark., 2008; Wang ve ark., 2009).

Katran, belirgin bir dumanlı kokuya ve esas olarak koyu kahverengi renge sahip kompleks bir karışımdır. Genellikle *Pinus* sp., *Juniperus* sp., *Fagus* sp., *Betula* sp., *Picea* sp. ve *Cedrus* sp. ağaç türleri katran üretimi için kullanılmaktadır. Bu sıvı ürün eski zamanlardan beri ahşabın korunmasında, özellikle gemi ve teknelerin emprenye edilmesinde kullanılmaktadır (Reunanen ve ark., 1989; Reunanen ve ark., 1990; Reunanen ve ark., 1993).

Bu çalışmanın amacı, sedir ağacı katranının bazı özellikleri ve kullanım alanları hakkında yapılan araştırmaların genel bir incelemesi hem konuyla ilgili araştırmacılara hem de kullanıcıların faydalanabileceği bir derleme hazırlanmasıdır.

2 Metot

Bu çalışmada, literatür incelemesi ve analize dayanan bir yöntem izlenmiştir. Bu kapsamda sedir ağacının coğrafik dağılışı, katranın geleneksel olarak elde edilişi, kimyasal bileşenleri ve halk sağlığında kullanım alanları hakkında bir derleme yapılmıştır.

3 Bulgular ve Tartışma

3.1 Toros sedirinin dağılışı

Türkiye'de birçok farklı iğne yapraklı ağaç türü vardır ve bunların bir kısmı Türkiye için endemik ağaç türleridir. Örneğin, *Cedrus libani*, *Luqidamber orientalis*, *Pinus brutia*, *Alnus glutinosa*. *Cedrus libani*, Türkiye'deki en önemli endemik ağaç türlerinden biridir. Bu ağaç, Lübnan, Suriye ve Türkiye'nin güneyindeki Kilikya Toros dağlarında doğal olarak yetişir (Boydak, 2003; Aiello ve Dosmann, 2007; Hajar ve ark., 2010). Sedir ağacının dört farklı türü vardır; bunlar, *Cedrus libani* A. Richard, *Cedrus atlantica* Manetti, *Cedrus brevifolia* Hen. ve *Cedrus deodora* Loud (Aiello ve Dosmann, 2007; Kurt ve ark., 2008). Ayrıca, bazı araştırmacılara göre Türkiye'de *Cedrus libani* ssp. *Stenocoma* adlı sedirin alt türü yetişmektedir (Schwarz, 1944; Davis, 1949; Farjon, 2001; Aiello ve Dosmann, 2007). Toros sediri genellikle Toros Dağları'nda 800 m ile 2100 m rakımlar arasında bulunur. Ayrıca daha düşük (500 m-600 m) ve daha yüksek (2400 m) rakımlarda küçük popülasyonlar veya küçük gruplar ve bireyler olarak bulunabilir (Boydak, 2003; 2007; Akkemik 2003). Şekil 1'de Toros sediri ağacının yayılım alanları görülmektedir.



Şekil 1. Toros sedirinin yayılış alanları. Turuncu renkli alanlar *Cedrus libani*, sarı renkli alanlar *Cedrus brevifolia* (URL1, 2022).

Toros sediri genç yaşlarda Şekil 2-a'da görüldüğü gibi konik-piramidal bir gövdeye sahiptir. Ancak yaşlı ağaçların tepesi Şekil 2-b'de görüldüğü gibi düz bir şemsiye şeklindedir.



Şekil 2. Toros sedirinin bazı genç ağaçları (a) ve yaşlı ağaçları (b) (URL1, 2022).

3.2 Sedir odununun bazı kimyasal özellikleri

Bir araştırmada diri odun ve öz odunun hücre çeperi bileşenleri sırasıyla %72.24-%67.55 arasında holoselüloz, %53.11-%48.61 arasında selüloz, %37.48-%43.65 arasında α -selüloz ve %28.71-%27.14 arasında lignin olarak belirlenmiştir. Diri odun ve öz odunun çözünürlüklerinin soğuk su, sıcak su, etanol-benzen ve %1'lik NaOH'te sırasıyla arttığı rapor edildi (Usta ve Kara, 1997). Diğer taraftan Cardona ve Sultan, (2016), çalışmalarında diri odun, öz odun, iç kabuk ve dış kabuk kimyasal bileşenleri Çizelge 1'deki gibi tespit etmişlerdir. Sedir ağacı türleri için Çizelge 1'de gösterildiği gibi, kabuğun lignin içeriği genellikle odun kısımdan daha yüksektir. Ayrıca, oduna kıyasla ağaç kabuğu daha fazla ekstraktif madde ve kül içerir.

Çizelge 1. Sedir ağacı türlerinin odun ve kabuklarının kimyasal bileşenleri (Cardona ve Sultan, 2016).

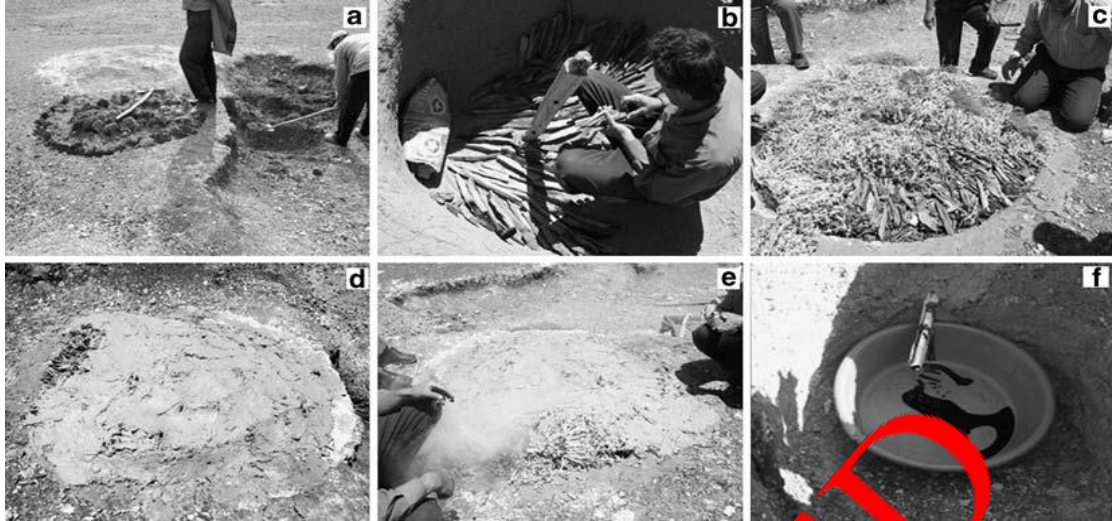
Sedir Ağacı Türleri	Bileşenler (%)				
	Lignin	Holoselüloz	Ekstraktif*	Kül	%1'lik NaOH'te Çözünürlük
Diri Odun	28.2	72.2	6.89	0.73	13.9
Öz Odun	27.1	67.5	9.0	0.45	19.5
İç Kabuk	28.0	64.1	10.7	4.4	34.2
Dış Kabuk	33.1	58.5	13.1	6.0	45.2

*Ekstraktif maddeler etanol-benzen ekstraksiyonuyla elde edilmiştir.

Diğer taraftan sedir ağacının kozalaklarından elde edilen uçucu yağ hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilmiş ve kimyasal bileşimi GC ve GC-MS ile analiz edilmiştir. Bu yöntemlerle yağdaki bileşiklerin yaklaşık %91'i tespit edilmiştir. Analiz sonucunda uçucu yağın yaklaşık %38.48 monoterpen, %33.70 dilefren, %11.77 oksijenli monoterpen, %4.67 seskiterpen ve %0.33 seskiterpen alkol içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca, sedir uçucu yağının ana bileşenlerinin a-pinen (%24.78), abieta-7,13-diene (%16.67), abietan,11,13-trien (%6.85), manool (%5.83) ve terpinen-4 -01 (%3.74), a-terpineol (%3.42), p-simen (%2.89) ve limonen (%2.69) olduğu tespit edilmiştir. Antimikrobiyal testlerde, uçucu yağın çalışılan tüm bakteri ve mayaları (İki referans antibiyotik, ampisilin sodyum (ampisilin 10) ve streptomisin sülfat (streptomisin 10), pozitif kontrol bakterisit olarak, nistatin 100U ise pozitif kontrol maya öldürücü olarak kullanıldı.) inhibe ettiği ve mikroorganizmalara karşı aktivitelerinin büyük ölçüde konsantrasyona bağlı olduğu rapor edilmiştir (Yılmaz ve ark., 2005).

3.3 Toros sediri odunundan katran üretimi

Literatür taramasında Türkiye'de sedir katranı üretimiyle ilgili az sayıda çalışma yapıldığı görülmüştür. Kurt ve ark., (2008) Antalya'nın Elmalı ilçesinde sedir katranı üretimini araştırmıştır. Bu araştırmada, geleneksel sedir katranı (katran) üretim yönteminin, muhtemelen bu bölgede birkaç bin yıldır kullanılan bir tür damıtma işlemi olduğu rapor edilmiştir. Katran elde etme düzeneği, kilde açıklanmıştır: kurna (ateşleme bölmesi ve toplama bölmesi) adı verilen iki tanelik kazanmıştır (Şekil 3a). Ateşleme bölmesinin iç yüzeyleri, sızma ve ekstraksiyon kaybını önlemek için çamur ve kil ile sıvanmıştır. Toplama bölmesi sıvalı değildir, çünkü iki deliği birbirine bağlayan tahliye kanalından çıkan özleri toplamak için buraya bir kap yerleştirilmiştir. Çıra bölmeye yerleştirilmeden önce, ekstraksiyon işlemi sırasında gerekirse sisteme ilave hava sağlamak için ateşleme bölmesinin ortasına dikey olarak nispeten büyük bir direk yerleştirilir (Şekil 3b). Çıra, ateşleme bölmesinin içine sıkıca kapatılır (Şekil 3b) Ateşleme bölmesinin içindeki sıcaklıklar genellikle 300°C'nin üzerinde kalır (Kurt ve ark., 2008). Ateşleme bölmesi çıra ile toprak seviyesine kadar doldurulduktan sonra üzeri iki kat malzeme ile sıkıca kapatılır (Şekil 3c). Alt katman, hacimli tahta yapraklardan ve/veya bitkilerden yapılmıştır; bu tabaka daha sonra kil açısından zengin bir çamurla kaplanır (Şekil 3d). Son olarak, çıranın ateşlenmesi için toplama bölmesinin üst ucundaki bir ateşleme kapısı açık bırakılır (Şekil 3c-e). Ateşlemeden yaklaşık 10-20 dakika sonra yanma oldukça şiddetlidir (Kurt ve ark., 2008). Bu aşamada ateşleme kapısının etrafı önce çeşitli bitkilerle, sonra çamurla kapatılır. Yanma ilerledikçe, içerideki çıra yığınlarının minimum havalandırmasını sağlamak için orta direk hafifçe ileri geri itilir. Ateşlemeden beş saat sonra, katran ateşleme bölmesinden boşaltma kanalı yoluyla toplama bölmesine boşalmaya başlar (Şekil 3f) (Kurt ve ark., 2008). Diğer taraftan, Toros Dağları'ndaki geleneksel katran üretim yöntemi, İskandinav ülkelerinde Viking ve geç Roma Demir Çağı'nda kullanılan çam katranı üretim yöntemlerine temelde benzediği bildirilmiştir (Egenberg ve ark., 2003; Hjulstrom ve ark., 2006).



Şekil 3. Kurna hazırlanması a: Yerdeki ikiz deliklerin kazılması, b: Çimlerin ateşleme bölümünde saklanması, c: Ateşleme bölümünün kapatılması, d: Ateşleme bölümünün kapatılması, e: Ateşleme işleminin başlatılması, f: Katranı toplaması (Kurt ve ark., 2008).

3.4 Sedir katranı bileşenleri

Egenberg ve ark., (2003), katranların kimyasal bileşiminin bitki dokularının türleri ve ekstraksiyon süreci gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebileceğini bildirmiştir. Çizelge 2’de de görüldüğü gibi Kurt ve arkadaşlarına (2008) göre katran, 83 farklı bileşen içermekte ve bu bileşenlerin 17’si bileşiğin %86’sını oluşturmaktadır.

Çizelge 2. Sedir katranı bileşenleri (Kurt ve ark., 2008).

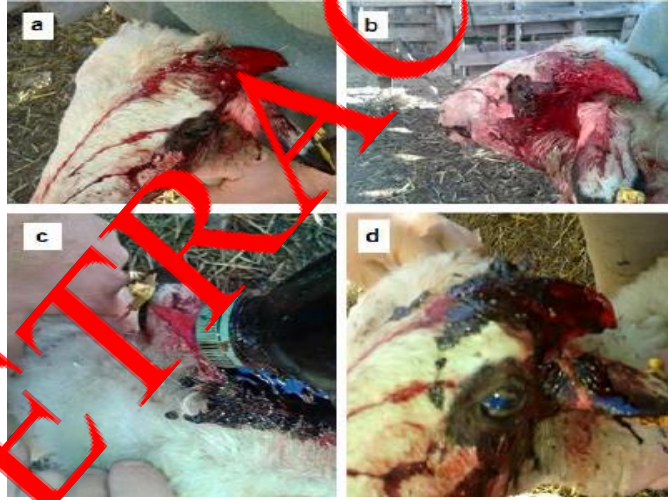
Bileşenler	Retensiyon Süresi	%
Monoterpenoidler		
m-simen	25.19	1.10
Seskiterpenoidler		
β -himachalen	24.23	21.17
α -himachalen	23.48	5.90 (10.50)*
γ -himachalen	23.89	5.46 (9.10)*
α -atlanon	27.78	7.40
Tümeron	26.80	4.50
Tümeron	26.88	1.0
Kamigin-9-bir	26.63	2.18
Ara toplam		47.55
Hidrokarbonlar		
Heptan	6.46	15.38
Oktohekzan	5.53	3.92
Benzen	24.62	1.27
Heptakozan	43.29	5.29
Eikozan	35.68	4.31
Siklotrisiloksan	33.70	1.13
Nonakozan	27.92	2.18
Ara toplam		34.71
Aziridinler		
2-aziridindikarboksilat	24.50	2.55
Diğerleri		14.09
Genel toplam		100.00

*Değerler Loizzo ve ark. (2008)’den.

3.5 Geleneksel kullanım

Katran, halk hekimliğinde insan ve evcil hayvanlarda yaraları iyileştirmek için kullanılmıştır. Köylüler, çeşitli insan hastalıklarını iyileştirmek veya önlemek için katranı “ilaç olarak” kullanırlar. Örneğin, bir bardak suya birkaç damla katran konularak yapılan “katran şurubu”nu içerler. Köylülere göre bu şurup ülser gibi iç yaraların iyileşmesine yardımcı olur, sindirim sistemindeki bakterileri öldürür ve endodermal parazitleri etkisiz hale getirir. Ayrıca vücuttaki yara, kesik ve morlukların etrafına ince bir film halinde sürülerek katran haricen kullanılır. Katran solumak, astım ve üst solunum yolu hastalıklarından muzdarip olanlara rahatlama sağlar (Kurt ve ark., 2008).

Bir araştırmada, Antalya yöresinde sedir (katran) ağacından elde edilen sarı katranın hayvan hastalıklarında kullanımı incelenmiş, Aktinomikoz (*Actinomyces*) yani sığırların boynunda oluşan ve halk arasında “domuz başı” olarak bilinen şişliklerin ve Rumen Asidozu (*Asidosis ingestae ruminis*) yani hayvanın aşırı yem (kesif yem) tüketmesi sonucu oluşan bir hastalığın tedavisinde; sinek, böcek, kene, bit, pire ve uyuz gibi dış parazitlerin bağırsak ve mide rahatsızlığına neden olan iç parazitlerle mücadelede; boynuz kırıkları, keçi ciğer ağrısı (*Pleuropneumonia Contagiosa Caprae*), tedavisinde; halk arasında tabak, dabak, dabah, tevek, tebek ve tavağ hastalığı olarak bilinen Şap hastalığı (*Stomatitis Aphthosa Epizootica*) tedavisinde; ishal, Varroa ve diğer arı parazitleri, deri yaralanmaları ve yılan sokmaları gibi durumlar için kullanıldığı tespit edilmiştir (Avcı ve Özen, 2016). Şekil 4’te boynuzu kırılan bir küçükbaş hayvana yapılan katran tedavisi uygulaması görülmektedir.



Şekil 4. Boynuz kırığı (a, b), boynuz kırığında katran ile tedavi (c, d) (Avcı ve Özen, 2016).

Katran şurubu, insanlarda olduğu gibi aynı beklenen sağlık yararlarından dolayı evcil hayvanlar için de kullanılmaktadır. Katran'ın başlıca kullanımı, özellikle evcil hayvanların kanıyla beslenen keneler, pireler, sivrisinekler ve at sineklerine karşı kovucu veya böcek ilacı şeklindedir. Katran, hayvanların yüzlerinde, kulaklarında, boyunlarında ve ayaklarında sıklıkla meydana gelen yara ve sıyrıkları iyileştirmek, uyuz gibi deri hastalıklarını tedavi etmek için kullanılır. Bütün bunlar için katran bir bez yardımı ile haricen uygulanır. Hayvanlarda yılan ve akrep ısırıklarına karşı da genellikle ısıriğa ince bir film sürülerek katran kullanılır. Daha sonra 5 ila 10 damla yumurta sarısı ile karıştırılır ve kurban karışımı içer veya yer. Bu, hayvan normal alışkanlıklarına dönene kadar birkaç kez tekrarlanır (Kurt ve ark., 2008).

3.6 Türkiye’de katran üretim miktarı

Huş, (1945), Osmanlı İmparatorluğu döneminde, Birinci Dünya Savaşı’ndan önce yılda yaklaşık 283 ton katran üretildiğini bildirmiştir. Ancak 1939’da üretim yılda sadece 25 tona düşmüştür. Bu azalma, kısmen uygun kütüklerin mevcudiyetinin azalmasından ve kısmen de yerel kullanımlar dışında azalan taleplerden kaynaklanmış olabilir. Böcek öldürücüler ve ilaçlar gibi sentetik kimyasallar, son 50 yılda katran’ın yerini giderek daha fazla almıştır. Toros sedirini koruma tedbirlerinden biri olan katran üretimi, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren bu bölgede kanunla yasaklanmış ve/veya sınırlandırılmıştır (Kurt ve ark., 2008).

Günümüzde geliştirilen çeşitli sentetik kimyasallar nedeniyle katranın kullanım alanlarının daralmakta olduğu düşünülmektedir. Özellikle Antalya Elmalı’da sedir katranı üretiminin devam etmektedir ancak Türkiye genelinde yaygın ve kaliteli alınmış bir üretim verisine ulaşamamıştır. Yerel bazı üreticilerin ayda 50-60 kg (URL2, 2022), bazılarının ise yılda 275-300 kg (URL3, 2022) sedir katranı elde ettikleri bilgisine ulaşılmıştır.

4 Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada sedir katranının geleneksel üretim yöntemi, miktarı, özellikleri ve halk hekimliğinde kullanımı hakkında bazı bilgiler araştırılmıştır. Geleneksel sedir katranı üretimi miktarı konusunda, katran kullanımının varsayılan faydalarının çoğu açısından sağlam bilimsel temeller oluşturmak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Derlenen bilgiler ışığında;

- Sedir katranı üretim miktarları konusunda kapsamlı bir araştırma yapılması yerinde olacağı;
- Alternatif ilaçların geliştirilmesi ve yaygınlaşmasıyla sedir katranı kullanımının azaldığı;
- Katranın kalitesinin artırılması için kullanılan bilimsel yöntemlerin yaygınlaştırılması ve bu alanda genç kuşakların katran üretimine teşvik edilmesi gerektiği söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışmanın özet kısmı, daha önce yapılan “European Non-Wood Forest Products (NWFPs) Network COST Action FP1203- 4th Workshop and 5th Management Committee Meeting” toplantısında poster olarak sunulmuş ve özet kitapçığında yayınlanmıştır. Bu çalışmaya vermiş değerli desteklerinden dolayı Prof. Dr. Bekir Cihat BAL’a teşekkür ederim.

Yazar Katkısı

Fatih Tuncay Efe: Araştırma konusunun belirlenmesi, çalışmalarının planlanması ve yapılması, verilerin elde edilmesi, makalenin yazılması, makalenin yayınlanması.

Kaynaklar

Aiello, A.S, Dosmann, M.S., (2007), The quest for the Cedar of Lebanon, *Arnoldia: The magazine of the Arnold Arboretum*, 65(1), 26-35.

Akkemik, Ü., (2003). Tree rings of *Cedrus libani* at the northern boundary of its natural distribution. *IAWA Journal*, 24(1), 63-73.

- Anonim, (2015), Some *Cedrus libani* trees, <http://kahramanmaras.ormansu.gov.tr>, Son erişim: 24.01.2015.
- Anşın, R., Küçük, M., (1990), Floristic investigations on the natural cedar stand in Niksar and Erbaa. Proceedings of 22 Yaman International Cedar Symposium, 22–27 October 1990, 1–11. Antalya, Turkey.
- Atalay, I., (1987), General ecological properties of natural occurrence areas of cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) forests and regioning of seed transfer of cedar in Turkey. Publication of Ministry of Forestry, Ankara.
- Avcı, A., Özen, R., (2016), “Kara Hekim: Katran”ın Antalya Veteriner Hekimliği Folklorunda Hayvan Hastalıklarının Tedavisinde Kullanımı. F.U. Sag. Bil. Vet. Derg. 2016; 30 (1), 39-44.
- Aytuğ, B., Görcelioğlu, E., (1987), Wood and wooden furniture found in the royal tomb at Gordion. Review of the Faculty of Forestry, University of Istanbul 37: 1–27.
- Boydak, M., (2003), Regeneration of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) on Karstic Lands in Turkey, *Forest Ecology and Management*, 177, 231-243.
- Boydak, M., (2007), Reforestation of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) in Bare Karstic Lands by Broadcast Seeding in Turkey. In *Options méditerranéennes, Series A: Mediterranean Seminars*, (No. 75, pp. 33-43).
- Bridgwater, A.V., (2003), Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. *Chemical Engineering Journal*, 91(2-3), 87-102. [https://doi.org/10.1016/S1385-8947\(02\)00142-0](https://doi.org/10.1016/S1385-8947(02)00142-0).
- Cardona, F., Sultan, M.T.H., (2016), "Characterization of environmentally sustainable resole phenolic resins synthesized with plant-based bioresources," *BioResources*, 11(1), 965-983.
- Davis, P.H. (1949), A journey in South-West Anatolia, pt I. *Journal of the Royal Horticultural Society* 74, 104–115.
- Efe, F.T., Bal, P.C., (2016), Tar production from cedar wood (*Cedrus libani* A. Richard) and the usage areas of cedar tar in folk medicine, European Non-Wood Forest Products (NWFPP) Network COST Action FP1203- 4th Workshop and 5th Management Committee Meeting, 17-19 February, Antalya/Türkiye.
- Egenberg, I.M., A.K., Holtekjolen, E., Lundanes, (2003), Characterization of Naturally and Artificially Weathered Pine Tar Coatings by Visual Assessment and Gas Chromatography— Mass Spectrometry. *Journal of Cultural Heritage* 4, 221–241.
- Farjon, A., (2001), World Checklist and Bibliography of Conifers, 2nd ed. The Royal Botanic Gardens, Kew, London.
- Hajar, L., François L., Khater C., Jomaa, I., Deque, M., Cheddadi, R., (2010), *Cedrus libani* (A. Rich) distribution in Lebanon: Past, present and future, *Comptes Rendus Biologies*, 333, 622-630, <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.05.003>.

- Hjulstrom, B., Isaksson, S., Hennius, A., (2006), Organic Geochemical Evidence for Pine Tar Production in Middle Eastern Sweden during the Roman Iron Age. *Journal of Archaeological Science* 33:283–294.
- Huş, S., (1945) Ormanlarımızdan katran ve zift çıkarılması imkânları (Possibilities of Katran and Pitch Production from Our Forests) (in Turkish). *Orman ve Av* 6, 176–180.
- Kayacık, H., Aytuğ, B., (1968), A study on the wooden materials of the Gordian royal tomb with special reference to forestry. *Review of the Faculty of Forestry, University of İstanbul* 18, 37–54.
- Kurt, Y, Kaçar, M.S., Işık, K., (2008), Traditional tar production from *Cedrus libani* A. Rich on the Taurus mountains in southern Turkey, *Economic Botany*, 62 (4) 615-620.
- Li, J., Yan, R., Xiao, B., Liang, T.D., Lee, D.H., (2008), Preparation of NiO-NiO particles and evaluation of their catalytic activity in pyrolyzing biomass components. *Energy&Fuels*, 22(1), 16-23, <https://doi.org/10.1021/ef700283j>.
- Loizzo, M. R., Saab, A. M., Tundis, R., Statti, G. A., Menichini, F., Lampronti, I., Gambari, R., Cinatl, J., Doerr, H.W., 2008. Phytochemical Analysis and in vitro Evaluation of the Biological Activity against Herpes Simplex Virus Type 1 (HSV-1) of *Cedrus libani* A. Rich. *Phytomedicine* 15(1-2):79–83, <https://doi.org/10.1002/cbdv.200890045>.
- Masri, R., (1995), Change in the Cedar Forest of Ain Zhalta, Jabal el-Barouk, Lebanon, 1965–1994. *National Report on the Environment and Development in Lebanon*. Duke University.
- Mayer, H., Sevim, M., (1959), Lübnan sediri, Lübnan'daki 5000 yıllık tahribatı, Anadolu'da bugünkü yayılış sahası ve bu ağaç türünün Alplere tekrar getirilmesi hakkında düşünceler (Çeviren: Necmettin Çepel), *TÜ. Orman Fakültesi Dergisi*, 1959. Seri B, 10 (2): 111-142.
- Reunanen, M., Raine, E., Markku, H., (1989), Analysis of Finnish Pine Tar and Tar from the Wreck of Frigate St. Nikolai. *Holzforchung*, 43, 33-39. <https://doi.org/10.1515/hfsg.1989.43.1.33>.
- Reunanen, M., Raine, E., Markku, H., (1990), Long-term Alteration of Pine Tar in a Marine Environment. *Holzforchung*, 44, 277-278. <https://doi.org/10.1515/hfsg.1990.44.4.277>.
- Reunanen, M., Holmström, B., Edgren, T., (1993), Analysis of Archaeological Birch Bark Pitches. *Holzforchung*, 47, 175-177. <https://doi.org/10.1515/hfsg.1993.47.2.175>.
- Schwarz, O., (1944), *Anatolica I. Feddes, Repertorium novarum specierum regni vegetabilis*, 54(1), 26-34. DOI: 10.1002/fedr.19440540104.
- URL1 https://www.conifers.org/pi/Cedrus_libani.php Son erişim: 22.06.2022.
- URL2 <https://www.sondakika.com/ekonomi/haber-sedir-agaclari-topragin-icine-gomulu-varillerde-13861513/> Son erişim: 13.06.2022.
- URL3 https://www.iletisim.gov.tr/turkce/yerel_basin/detay/antalyanin-elmali-ilcesinde-sedir-agacindan-atalardan-kalma-damitma-yontemiyle-katran-yagi-uretiliyor#:~:text=Katran%20ya%C4%9F%C4%B1%20%C3%BCretimi%20i%C3%A7in%2

C%20ormanda,k%C3%BC%C3%A7%C3%BCk%20odun%20par%C3%A7alar%C4%B1%20ohaline%20getiriliyor. Son erişim: 13.06.2022.

Usta, M., Kara, Z., (1997), The chemical composition of wood and bark of *Cedrus libani* A. Rich, *Holz als Roh-und Werstoff* 5, 268-268.

Wang, Z., Cao, J., Wang, J., (2009), Pyrolytic characteristics of pine wood in a slowly heating and gas sweeping fixed-bed reactor. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 84(2), 179-184. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2009.02.001>.

Yılmaz, N., Alma, M.H., Nitz, S., Kollmannsberger, H., Efe, F.T., (2005), Chemical Composition of the Essential Oils from Oleoresin on Cones of *Cedrus libani*, *Asian Journal of Chemistry* Vol. 17, No. 4, 2300-2306.

RETRACTED