

Isıl İşlemin Bazı Ağaç Malzemelerde Yüzey Pürüzlülüğü ve Vernik Yapışma Direncine Etkisi

Suat ALTUN*, Musa ESMER

Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü,
Demirçelik Kampüsü, 100. Yıl, Merkez, Karabük.
(Geliş/Received : 03.06.2016 ; Kabul/Accepted : 04.10.2016)

ÖZ

Son yılların en çok araştırılan konularından olan ısıtma işlemi görmüş ağaç malzemeler için de geleneksel üst yüzey malzemeleri kullanılmaktadır. Isıtma işlemi malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısında değişimlere neden olduğundan, geleneksel üst yüzey malzemelerinin katman performansını da etkileyeceği düşünülmektedir. Bu çalışmada ısıtma işlemi görmüş ağaç malzemesinde, yüzey hazırlık işleminin ve vernik çeşidinin, vernik yapışma direnci üzerine etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Thermowood yöntemi ile ısıtma işlemi görmüş Dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve İroko (*Chlorophora excelsa*) örneklerinin zımparalanmış ve rendelenmiş yüzeylerine; solvent bazlı sentetik esaslı, renk pigmentli yarı şeffaf vernik (HD), alkid bağlayıcı esaslı silikonlu vernik (SI), üretan alkid kombinasyon esaslı tek bileşenli poliüretan (PÜ) vernik ve akrilik esaslı su bazlı vernik (AS) uygulanmış, yüzey pürüzlülüğünün ve vernik çeşidinin vernik yapışma direncine etkileri ortaya konmuştur. Isıtma işlemi görmüş örneklerde vernik yapışma direncinin genellikle daha düşük olduğu belirlenmiştir. En yüksek vernik yapışma direnci, poliüretan vernikte tespit edilmiştir. Sarıçam, iroko ve dişbudakta en yüksek yapışma direnci değerleri sırasıyla 4.98 MPa, 5.88 MPa, 6.61 MPa olarak, kontrol grubu rendelenmiş yüzeyde, poliüretan vernikte tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Isıtma İşlemi; Vernik Yapışma Direnci; Yüzey Pürüzlülüğü; Ahşap Vernikleri.

The Effect of Heat Treatment on The Surface Roughness and Varnish Adhesion of Wood

ABSTRACT

The same conventional varnishes which are produced for untreated wood are used for heat treated wood, which is a popular material in recent years, too. Heat treatment causes changes on chemical properties of wood and consequently on physical and surface properties of wood. Because of this, performance of these traditional varnishes can be different on the heat treated substrate. In this study, effects of surface machining and varnish types on the adhesion of varnishes on the heat treated wood were investigated. Planed and sanded heat treated iroko (*Chlorophora excelsa*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and ash (*Fraxinus excelsior* L.) wood surfaces were coated by using solvent base (HD), acrylic based waterborne (AS), alkyd based silicon-containing (SI) and urethane alkyd based one component polyurethane (PU) varnishes and varnish adhesion values were determined. The highest adhesion was determined in samples coated with polyurethane varnish. The highest adhesion values were 4.98 MPa, 5.88 MPa, 6.61 MPa in untreated, planed and coated with polyurethane varnish scots pine, iroko and ash, respectively.

Keywords: Heat Treated Wood, Varnish Adhesion, Surface Roughness, Wood Varnishes.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ağaç malzeme, insanoğlunun ilk yıllarından bu yana pek çok alanda kullanılmaktadır. İlk yıllardan günümüze kadar yakacak, barınma, alet yapımı ve silah üretimi için hammadde ihtiyacını karşılayan ağaç malzeme, insanoğlunun teknolojik alanda yaptığı gelişmelerde önemli rol oynamıştır [1]. Orman alanlarının sürekli azalmasına karşılık, kişi başına düşen tüketimin artması, ağaç malzemenin faydalı kullanım süresinin daha uzun olmasını zorunlu hale getirmektedir. Olumsuz ortam koşullarına karşı ağaç malzeme yüzeyinin daha uzun süre dayanıklı kalmasını sağlamak amacıyla, malzemenin çeşitli koruyucu üst yüzey katmanları ile kaplanması en yaygın

yöntemdir [2]. Ağaç malzeme yüzeylerinin estetik ve ekonomik yönde kullanım süresini arttırmak amacıyla, koruyucu katman oluşturmada en çok tercih edilen maddeler ise boya ve verniklerdir. Literatürde boya ve verniklerin katman performanslarının incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır. Vernik yapışma direnci de verniklerin kullanım alanını sınırlayan ve dolayısıyla da katman performansını değerlendirmek için kullanılan önemli parametrelerden birisidir [3,4]. Konu ile ilgili literatür bilgileri incelendiğinde; vernik çeşidinin verniklerin yüzeye yapışma direncindeki farklılığın en önemli etkeni olduğu söylenebilir [5-8]. Çeşitli su bazlı verniklerin yüzeye yapışma direnci değerlerinin solvent bazlı verniklere oranla daha düşük olduğu belirtilmiştir [5, 7-9]. Özdemir [6] 5 farklı ağaç türü ve 3 farklı vernik çeşidi kullandığı çalışmada, en yüksek yapışma

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: saltun@karabuk.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2017.20.1 231-239

direncinin akrilik vernikte, en düşük yapışma direncinin ise selülozik vernikte olduğunu belirtmiştir.

Kaygın [10] çalışmasında selülozik, sentetik ve akrilik esaslı opak boyalar kullanmış, vernik yapışma direncindeki değişimlerin ağaç malzemeden kaynaklanmadığını, esas değişimin boya türüne bağlı olduğunu ve sentetik boyada en yüksek değerlerin tespit edildiğini belirtmiştir. Ağaç malzemenin biyotik ve abiyotik etkenlere karşı dayanımını arttırmak için yapılan emprenye işleminin de vernik yapışma direnci üzerindeki etkileri araştırma konusu olmuştur. Özçifçi ve Özpak [11], Keskin ve ark. [12] Toker ve ark. [13] Protim WR-230, imersol aqua ve Tanalith-E ile emprenye işleminin vernik yapışma direncini önemli oranda azalttığını tespit etmişlerdir. Atar ve Peker [14] ise borlu bileşiklerle emprenye işleminin vernik yapışma direncini artırıcı etki yaptığını belirtmişlerdir.

Ağaç malzemenin azot veya benzeri inert bir gaz veya normal atmosfer ortamında, 100 °C - 250 °C arasında sıcaklığa belirli bir süre maruz bırakılması, ısı işlem olarak adlandırılmakta ve bir odun modifikasyon yöntemi olarak kabul edilmektedir [15]. Isıl işlemin en önemli amacı ağaç malzemede boyutsal stabilizasyonun sağlanması ve hiçbir koruyucu kimyasal madde kullanmaksızın odun dayanıklılığının artırılmasıdır. Yüksek sıcaklık etkisiyle odunun kimyasal yapısında meydana gelen değişimler malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli derecede etkiler. Isıl işlem sonrası özellikle eğilme direnci ve şok direnci başta olmak üzere mekanik özelliklerde düşüş meydana gelir [16, 17]. Isıl işlemin mekanik özellikler üzerindeki bu etkilerinin nedenleri üzerine detaylı tartışma Boonstra and Tjeerdsma [18] tarafından yapılmıştır. Isıl işlemin ağaç malzemenin fiziksel özellikleri üzerindeki ana etkisi ise denge rutubet miktarını düşürmesidir [19-22]. Isıl işlem gören odunda denge rutubetinin düşmesini Jamsa and Vitaniemi [23], ısı işlem sırasında hidroksil gruplarındaki azalmaya neden olan kimyasal değişiklikler ile daha az su molekülünün absorbe edilebilmesi ile açıklamaktadırlar. Diğer bazı araştırmalarda ise selülozun kristallik derecesinin artmasının da ısı işlem görmüş odundaki denge rutubet miktarı azalışında önemli rolü olduğu belirtilmektedir [18, 24, 25].

Isıl işlem görmüş ağaç malzemede denge rutubet miktarının azalması ile malzemenin daha hidrofobik bir özellik kazanması, malzemenin tutkal ve üst yüzey malzemeleri tarafından ıslatılabilme özelliklerini de etkilemektedir. Kocaefe ve ark. [26] ve Hakkou ve ark. [27] ısı işlem görmüş ağaç malzemenin ıslanma özelliklerini incelemiş ve malzemede oluşan bozunma bileşikleri nedeni ile malzemenin ıslanma özelliğinin düştüğünü belirtmişlerdir. Petric ve ark. [28] bazı ticari su bazlı vernik sistemleri ile yağ ile ısı işlem görmüş sarıçamın ıslanabilirliğini incelemişler, odun yüzeyinin hidrofobik karakterinin artmasına rağmen, dış ortam için hazırlanan su bazlı boyaların çok daha iyi ıslatabilme özelliği gösterdiğini belirlemişlerdir. Jamsa ve ark. [29] 5 yıl süre ile dış ortam koşullarına maruz bıraktığı ısı

işlem görmüş malzemelerde işlem görmemişlerle aynı çatlakların oluştuğunu ancak asit sertleştiricili vernik ve akrilik verniklerin ısı işlem görmüş odunda daha iyi sonuç verdiğini, akrilik vernikteki çatlak yoğunluğunun daha az olduğunu belirlemişlerdir.

Isıl işlem görmüş ağaç malzemede kullanılan verniklerin dış ortam koşullarındaki performansını inceleyen çalışmalar olsa da, bu çalışmalarda sonuç almak oldukça uzun sürmektedir. Vernik yapışma direnci ise çok daha kısa sürede karşılaştırılabilir sonuçlar alınmasını mümkün kılan üst yüzey katman performansı belirleme yöntemlerinden birisidir. Isıl işlem görmüş ağaç malzemede vernik yapışma direncine ilişkin az sayıda çalışma bulunmaktadır. Kesik ve Akyıldız [30] üç farklı sıcaklıkta, normal atmosfer basıncında, oksijensiz ortamda ısı işlem tabi tuttukları dört farklı ağaç malzemeye, çift bileşenli su bazlı verniğin yapışma direncini incelemişler, ısı işlem süre ve sıcaklığının artışı ile vernik yapışma direncinin düştüğünü, iğne yapraklı türlerde yapraklı ağaç türlerinden daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Yağlı ısı işlem görmüş sarıçamda ve göknarda su bazlı vernik katmanlarının performansının incelendiği çalışmalarda, bezir yağı ile ısı işlemem su bazlı verniğin yapışma direncini etkilemediği belirtilmiştir [31, 32].

Ağaç malzemeye uygulanan ısı işlem, malzemenin kimyasal yapısında dolayısıyla fiziksel yapısında ve yüzey özelliklerinde değişimlere neden olmaktadır. Bu nedenle geleneksel üst yüzey malzemelerinin ısı işlem görmüş malzemede performansı farklı olacaktır. Bu konuda çok az sayıda da olsa bazı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen; ısı işlem yöntem ve parametrelerinin çok değişken olması, vernik sistem ve bileşenlerinin çeşitliliği, farklı vernik sistemlerinin ısı işlem görmüş ağaç malzemede yapışma direncine etkisinin tespit edilmesini önemli kılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ısı işlem görmüş sarıçam, dişbudak ve iroko ağaç malzemelerin rendelenmiş veya zımparalanmış yüzeylerinin pürüzlülüğünü ve bu yüzeylerde solvent bazlı vernik, alkid bağlayıcı esaslı silikonlu vernik, üretilen alkid kombinasyon esaslı tek bileşenli poliüretan vernik ve akrilik esaslı su bazlı verniklerin yapışma direnci değerlerini belirlemektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIALS and METHOD)

Yapılan çalışmada ağaç malzeme olarak Sarıçam (*Pinus Sylvestris Lipsky*), Dişbudak (*Fraxinus excelsior L.*), ve Iroko (*Chlorophora excelsa*) kullanılmıştır. Ağaç malzemeler ThermoWood® yetkili üreticisi olan Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılacak ağaç malzeme lif kıvrıklığı, çatlak, budak, kurt yeniği, çürüklük vb. gibi odun kusurları bulunmayan kerestelerden seçilmiş ve her kerestenin yarısı ısı işlem öncesi kontrol numunesi olarak ayrılmıştır. Kerestelerin diğer yarısı odun türüne göre Nova Wood firmasının standart uygulama parametrelerine uygun olarak Thermo-D yöntemi ile ısıleme

tabi tutulmuştur. Dişbudak 210 °C 2 saat, sarıçam 212 °C 1 saat, iroko 190 °C 1,5 saat ısıtılma tabi tutulmuştur.

Isıl işlem görmüş ve kontrol grubu kerestelerden 540x100x22 mm ölçülerinde taslak örnekler kesilmiş ve iklimlendirme dolabına (NÜVE ID 501) alınarak 20 ± 2 °C ve % 65 ± 5 bağıl nem koşullarında sabit ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir [33]. Daha sonra bu parçalar kalınlık makinesinde net olarak 20 mm kalınlıkta olacak şekilde iki yönlü rendelenmiştir. Rendeleme işleminde 1 mm talaş miktarı, 7 m/dak besleme hızı ve 6000 dev/dak kesici devri kullanılmıştır. Her bir ağaç türü için ısıtılma işlemi görmüş ve kontrol numuneleri ikiye ayrılmış ve yarısı rendelenmiş yüzey, yarısı zımparalanmış yüzey olacak şekilde gruplandırılmıştır. Rendelemiş grup olduğu gibi bırakılırken diğer grup silindri zımpara makinesinde 8 m/dak besleme hızında, 200 numara alüminyum oksit aşındırıcılı zımpara ile zımparalanmıştır. Her grup için iki adet numune hazırlanmıştır. Bu işlemin ardından rutubet farklılıklarını önlemek için örnekler iklimlendirme dolabına alınarak 20 ± 2 °C ve % 65 ± 5 bağıl nem ortamında iklimlendirilmiştir [33].

Sarıçam, dişbudak ve iroko odunlarından elde edilen numuneler dış ortam koşulları için üretilmiş 4 vernik ile verniklenmiştir. Çalışmada Hemel firmasından temin edilen solvent bazlı, sentetik esaslı, renk pigmentli, yarı şeffaf ahşap boyası (HD) [34, 11]; akrilik esaslı su bazlı renk ve ciladan oluşan su bazlı sistem (AS) [35, 36]; Favori boya firmasından temin edilen üretilen alkid reçine kombinasyon esaslı tek bileşenli poliüretan vernik (PÜ) [37] ve Filli Boya firmasından temin edilen alkid bağlayıcı esaslı silikonlu ahşap verniği (Sİ) [38] kullanılmıştır. Kullanılan verniklere ilişkin üretici firmalar tarafından sağlanan bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Verniklerin bazı özellikleri (Some properties of varnishes)

	Yoğunluk	pH	Katı madde oranı (%)	Viskozite
HD	1 ± 0.02 g cm ⁻³	-	63 +-1	65 ± 2 sn DIN4 20 C
AS (Primer)	1018 g l ⁻¹	7.5	16	-
(Son kat)	1045 g l ⁻¹	8.4	37	-
PÜ	0.88- 0.94 g cm ⁻³	-	50-54	80 ± 5 sn ISO CUP6
Sİ	0.87- 0.91 g cm ⁻³	-	40-44	-

Örneklerin yüzey pürüzlülüğü tespit edildikten sonra, hazırlanan örneklere üretici firma tavsiyesi göz önünde bulundurularak vernikler uygulanmıştır. Poliüretan vernik fırça ile tek yüzeye % 10 sentetik tiner ile inceltirilerek 150± 5 g m⁻² olacak şekilde 3 kat; diğer vernikler fırça ile tek yüzeye 145 ± 5 g m⁻² olacak şekilde 2 kat uygulanmış, katlar arası 24 saat kuruma süresi sonrası 200 numara zımpara kâğıdı ile zımparalanmıştır. Örnekler vernikleme işleminden sonra 24 saat kurumaya bırakılmış, ardından iklimlendirme dolabına alınarak 20 ± 2 °C ve bağıl nemi % 65 ± 5 olan bir ortamda sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir.

Çalışmada kullanılan ısıtılma işlemi görmüş ve görmemiş ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunlukları TS 2472 [39], rutubet miktarı TS2471 [33] standardı esaslarına uygun olarak tespit edilmiştir. Örneklerin yüzey pürüzlülüğü (Ra), TS6956 EN ISO 4287 [40] ve TS 971 [41] esaslarına uyularak, Mitutoyo SJ301 temaslı yüzey pürüzlülüğü test cihazı ile belirlenmiştir. Ölçümler, liflere dik yönde 20 mm aralıklarla, 2.5 mm örnek uzunluğu (λ) ve 5 örnek uzunluğu sayısı (cut-off) ile yapılmıştır. Isıl işlem görmüş ve kontrol numuneleri üzerindeki vernik katman kalınlıkları ASTM-D1005 [42] esaslarına uyularak 10 µm (mikron) hassasiyetle ölçüm yapabilen dijital komperatör (Instro 730-01-508) ile tespit edilmiştir.

Vernik yapışma direnci ölçümüne ASTM D 4541 [43] standardında belirtilen esaslara uyulmuştur. 500x100x20 mm boyutlarındaki her örnek yüzeyinden 5 adet ölçüm yapılmıştır. 20 mm çapındaki çelik yapışma direnci silindirleri, örneklerin ortasına gelecek şekilde çift bileşenli epoksi tutkalı ile yapıştırılmış ve örnekler normal şartlar altında 7 gün bekletilmiştir. Kopmanın tam vernik katmanından olmasını sağlamak amacıyla silindirlerin etrafındaki vernik katmanı bu iş için özel yapılmış aparat ile kesilmiştir. Daha sonra, Zwick/Roel® Universal test cihazı kullanılarak 5 mm dk⁻¹ çekme hızında test gerçekleştirilmiş ve vernik yapışma direnci aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$X = 4F / \pi d^2 \text{ MPa} \quad (1)$$

Burada;

X : Vernik yapışma direnci (MPa)

F : Kopma anındaki kuvvet (N)

d : Deneysel silindiri çapı (mm)

Vernik yapışma direncine; ısıtılma işlemi, yüzey işlem

yöntemi ve vernik çeşidi faktörlerinin etkisini belirlemek için ağaç türlerinde ayrı ayrı olmak üzere, çoklu varyans analizi kullanılmış ve gruplar arası fark önemli çıktığında, LSD testi ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Diğer parametrelerden bağımsız olarak yüzey işlem yönteminin yüzey pürüzlülüğüne ve vernik yapışma direncine etkisini belirlemek için t testi kullanılmıştır. Diğer parametrelerden bağımsız olarak ısıtılma işlemi vernik yapışma direncine etkisini belirlemek için ise eşleştirilmiş örneklem t testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS and DISCUSSION)

Sarıçam, iroko ve dişbudak ağaç malzemelerin kontrol ve ısıt işlem görmüş örneklerinin hava kurusu yoğunluk ve denge rutubet miktarı değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Isıt işlem her üç ağaç malzeme de yoğunluğun ve denge rutubet miktarının düşmesine neden olmuş ancak irokoda bu düşüş nispeten daha az olmuştur.

Isıt işlem görmüş ve görmemiş örneklerin, ortalama pürüzlülük değerleri ve her bir grup örnekte zımparalanmış yüzey ile rendelenmiş yüzeylerin arasındaki yüzey pürüzlülüğü değerine ait t testi sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir.

kızılğaçta önemli derecede etkilemediğini ancak ardıç ve erikte ise azalttığını belirtmişlerdir. Karagöz ve ark. [46] sarıçamda 200 °C’de 2 saat ısıt işlemin yüzey pürüzlülüğünü azalttığını, kayın ve göknarda ise önemli derecede etkilemediğini bildirmişlerdir.

Çalışmada kullanılan verniklerin tespit edilen katman kalınlıkları üzerinde ağaç malzeme türü ve ısıt işlemin göz ardı edilebilecek kadar az etkili olduğu ve ortalama olarak PÜ vernikte 110 µm, HD ve Sİ verniklerde 60 µm, AS vernikte ise 50 µm olduğu belirlenmiştir. AS vernik katmanının ince olması vernik yapısındaki katı madde miktarının diğerlerine göre nispeten düşük olmasından kaynaklanmaktadır. PÜ vernikte katı madde oranı nispeten yüksek ve polimerizasyonun malzeme

Çizelge 2. Ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluk ve denge rutubet miktarı değerleri (Air-dry density and moisture of content of the wood)

Ağaç Malzeme	Hava Kurusu Yoğunluk (g cm ⁻³)		Denge Rutubet Miktarı (%)	
	Kontrol	Isıt işlem	Kontrol	Isıt işlem
Sarıçam	0.496	0.422	11.3	6.2
Iroko	0.588	0.576	11.8	8.3
Dişbudak	0.634	0.589	12.1	7.1

Çizelge 3. Sarıçam, iroko ve dişbudak ağaç malzemelerin ortalama yüzey pürüzlülüğü (Average surface roughness of the Scots pine, Iroko and Ash woods)

Ağaç Malzeme Türü	Isıt İşlem	Yüzey işlem	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)		P (α=0.05)
			Ra (µm)	S	
Sarıçam	Isıt İşlem	Rende	3.90	0.91	0.001*
		Zımpara	2.11	0.55	
	Kontrol	Rende	2.89	0.47	0.002*
		Zımpara	2.04	0.44	
Dişbudak	Isıt İşlem	Rende	3.28	0.67	0.006*
		Zımpara	2.37	0.51	
	Kontrol	Rende	3.36	0.88	0.001*
		Zımpara	1.54	0.42	
Iroko	Isıt İşlem	Rende	2.72	0.48	0.013*
		Zımpara	2.09	0.47	
	Kontrol	Rende	3.68	0.62	0.000*
		Zımpara	1.79	0.37	

Ra: Ortalama yüzey pürüzlülüğü, S: Standart sapma, P: t testi önemlilik değeri

Isıt işlem görmüş ve görmemiş tüm işlem gruplarında, rendeleme ve zımparalama yüzey işleminin ortalama yüzey pürüzlülüğünü istatistiksel olarak önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. Zımparalanan yüzeylerin ortalama pürüzlülüğü daha düşüktür. Isıt işlem dişbudak ve iroko ağaç malzemenin rendelenmiş yüzeyinde pürüzlülüğü azaltırken, sarıçamda artırmıştır. Kılıç ve ark. [44] da çalışmalarında zımparalanmış yüzeylerde planyalanmış yüzeylerden daha düşük pürüzlülük değeri elde ettiklerini belirtmişlerdir. Literatürde de ağaç malzeme türü ve ısıt işlem şartlarına bağlı olarak ısıt işlemin yüzey pürüzlülüğüne etkisine ilişkin farklı sonuçlar bildirilmiştir. Kesik ve ark. [45], 160 °C’de ısıt işlemin yüzey pürüzlülüğünü yalancı akasya ve

yüzeyinde tamamlanması nedeniyle kuru film katmanı diğer verniklere oranla daha kalındır [47]. Solvent bazlı HD vernikte katı madde oranının PÜ verniğine yakın olmasına rağmen, PÜ vernikten daha ince bir kuru film katmanı oluşmuştur.

Isıt işlem, yüzey işlem ve vernik çeşidine göre vernik yapışma direnci değerleri ağaç malzeme türleri için ayrı ayrı Çizelge 4.’de verilmiştir. Isıt işlem görmüş örneklerde vernik yapışma direncinin genellikle daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Isıt işlem ağaç malzemenin mekanik özelliklerini önemli derecede düşürdüğünden, yeterli adezyonun sağlandığı örneklerde malzeme yüzeyindeki liflerin daha kolay kopması bu sonuçta etkili olmuş olabilir. Isıt işlem görmüş dişbudak

ve sarıçam grupları dışında rendelenmiş yüzeylerde zımparalanmış yüzeylere oranla daha yüksek vernik yapışma direnci değerleri belirlenmiştir. Rendelenmiş yüzeylerde pürüzlülük daha yüksektir ve elde edilen sonuçlarla uyumlu olarak Söğütü *et al.* [9] ve Özdemir *et al.* [48] da çalışmalarında pürüzlülük artışı ile vernik yapışma direncinin arttığını tespit etmişlerdir. Çalışmalarında pürüzlülüğün artışı ile vernik ile malzeme arasındaki mekanik ve kimyasal bağlanmanın arttığını belirtmişlerdir. Sarıçam, iroko ve dişbudakta en yüksek yapışma direnci değerleri sırasıyla 4.98 MPa, 5.88 MPa, 6.61 MPa olarak, kontrol grubu rendelenmiş yüzeyde, poliüretan vernikte tespit edilmiştir. Ağaç malzeme türleri açısından değerlendirildiğinde vernik yapışma direnci, malzeme yoğunluğunun artışıyla paralel değişim göstermektedir. Atar ve ark. [49] beş farklı ağaç malzeme

göknaar gibi nispeten düşük yoğunluklu malzeme yüzeylerindeki (1.40-2.49 MPa) yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Vernik çeşidinin vernik yapışma direncine etkisine ait varyans analizi ağaç malzeme türleri için ayrı ayrı yapılmış, her üçünde de vernik çeşidinin vernik yapışma direnci üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Vernik çeşidi bazında ikili karşılaştırma için yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Sarıçam ağaç malzeme vernik çeşidi, vernik yapışma direncini önemli derecede etkilemiştir. Her dört vernik çeşidinin de yapışma direnci istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. En yüksek vernik yapışma direnci poliüretan vernikte iken, diğer verniklerin vernik yapışma direnci silikonlu, solvent bazlı ve su bazlı vernik sırasına göre azalmaktadır. Bu sıralama aynı zamanda vernik katman

Çizelge 4. İşlem, yüzey işlemi ve vernik çeşidine göre vernik yapışma direnci (Varnish adhesion according to heat treatment, surface machining and varnish type)

Ağaç Türü		Vernik yapışma direnci (MPa)						
İşlem Tipi	Yüzey İşlemi	Vernik çeşidi	Iroko		Sarıçam		Dişbudak	
			X	S	X	S	X	S
Kontrol	Zımpara	Solvent Bazlı	3.29	.476	2.74	.163	4.56	.433
		Su Bazlı	3.08	.444	2.71	.247	4.00	.308
		Poliüretan	4.55	.709	3.27	.211	5.60	.353
		Silikonlu	5.33	.558	3.31	.294	5.90	.325
	Rende	Solvent Bazlı	4.38	.328	3.25	.193	4.89	.180
		Su Bazlı	4.82	.254	3.55	.470	3.94	.590
		Poliüretan	5.88	.216	4.98	.472	6.61	.805
		Silikonlu	3.90	.551	3.22	.112	2.86	.535
Isıl İşlem	Zımpara	Solvent Bazlı	3.54	.572	2.45	.141	3.83	.158
		Su Bazlı	4.29	.880	2.98	.205	3.46	.438
		Poliüretan	4.12	.439	2.99	.218	5.74	.274
		Silikonlu	4.06	.326	2.86	.364	4.35	.197
	Rende	Solvent Bazlı	4.43	.406	3.42	.339	4.20	.283
		Su Bazlı	3.99	.171	1.59	.232	3.57	.275
		Poliüretan	4.75	.536	2.61	.223	5.17	.720
		Silikonlu	4.13	.179	3.19	.182	3.31	.404

X: Aritmetik ortalama, S:Standart Sapma

ve üç farklı vernik kullanarak yaptıkları araştırmalarında, çalışmamızda elde edilen bulguları destekleyen sonuçlar elde etmişlerdir. Kayın ve meşe gibi daha yüksek yoğunluktaki yapraklı ağaç malzeme yüzeylerindeki vernik yapışma direncinin (2.83-4.37 MPa) sarıçam ve

kalınlığı sıralamasına da uymaktadır. İroko da poliüretan vernik en yüksek yapışma direncine sahip iken, su bazlı ve silikonlu verniklerin yapışma direnci farklı değildir. Dişbudak ağaç malzeme vernik yapışma direnci değerlerinde de iroko ağaç malzemeye paralel

Çizelge 5. Vernik çeşidine göre vernik yapışma direnci ikili karşılaştırma sonuçları (Pairwise comparison of the varnish adhesion according to varnish type)

Ağaç Türü	Sarıçam		Iroko		Dişbudak	
	X	HG	X	HG	X	HG
AS	2.70	A	4.04	X	3.74	K
HD	2.96	B	3.91	X	4.36	L
Sİ	3.14	C	4.35	Y	4.10	L
PÜ	3.46	D	4.82	Z	5.78	M
LSD ±	0.144		0.253		0.298	

X: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu ($\alpha=0,05$)

sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek vernik yapışma direnci poliüretan vernikte iken, solvent bazlı ve silikonlu vernikler arasında fark yoktur. En düşük değer su bazlı verniktedir.

Vernik yapışma direnci değerleri incelendiğinde, her üç ağaç malzeme için de poliüretan verniğin en yüksek değerlere sahip olduğu ve diğerlerine oranla belirgin şekilde yüksek olduğu belirlenmiştir. Tutgun [50] da yüzey pürüzlülüğünün vernik yapışma direncine etkisine ilişkin çalışmada, kullandığı vernikler arasında en yüksek yapışma direncinin poliüretan vernikte, en düşük su bazlı vernikte olduğunu belirtmiştir. Bu durumun poliüretan verniklerin reaksiyonlarını ağaç malzeme yüzeyinde tamamlamalarından kaynaklandığı ve bu nedenle daha yüksek vernik yapışma direnci değerleri verdiği şeklinde açıklanmaktadır [1, 51]. Budakçı [52]

yüzeyindeki bağlanma diğer vernik türlerine göre daha zayıf olarak gerçekleşmiştir. Atar ve ark. [49] da çalışmalarında ısıtılmış işlem görmüş sarıçam ağaç malzeme su bazlı vernik yapışma direncini 2.21 MPa, kontrol grubunda 2.95 MPa olarak tespit ettiklerini bildirmekte ve bu sonucu desteklemektedirler.

Literatürdeki hemen hemen tüm çalışmalarda ağaç türünün ve vernik çeşidinin yapışma direnci üzerinde önemli etkisi olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle baskın şekilde etkili olan bu faktörlerin etkisi dışında, yalnızca yüzey işlem yönteminin vernik yapışma direnci üzerindeki etkisini tespit etmek için zımparalanmış ve rendelenmiş yüzeylerdeki vernik yapışma direnci t testi ile karşılaştırılmış ve sonuçları Çizelge 6' da verilmiştir.

Solvent bazlı vernikte dışbudak kontrol grubu dışındaki gruplarda istatistiksel fark tespit edilmiştir. Kontrol

Çizelge 6. Ağaç malzeme, ısıtılmış işlem ve vernik çeşidine göre yüzey işlem faktörünün vernik yapışma direncine etkisi (The effect of surface machining on the varnish adhesion according to wood species, heat treatment and varnish type)

Ağaç türü	İşlem tipi	Yüzey İşlemi	Solvent Bazlı		Su Bazlı		Poliüretan		Silikonlu	
			X	P	X	P	X	P	X	P
Iroko	K	Z	3.29		3.08		4.55		5.33	
		R	4.38	0.009*	4.82	0.009*	5.88	0.009*	3.90	0.009*
	İ	Z	3.54		4.29		4.12		4.06	
		R	4.43	0.016*	3.99	0.117	4.75	0.094	4.13	0.53
Sarıçam	K	Z	2.74		2.71		3.27		3.31	
		R	3.25	0.009*	3.55	0.009*	4.98	0.009*	3.22	0.465
	İ	Z	2.45		2.98		2.99		2.86	
		R	3.42	0.009*	1.59	0.009*	2.61	0.036*	3.19	0.076
Dışbudak	K	Z	4.56		4.00		5.60		5.90	
		R	4.89	0.117	3.94	0.834	6.61	0.047*	2.86	0.009*
	İ	Z	3.83		3.46		5.74		4.35	
		R	4.20	0.028*	3.57	0.465	5.17	0.117	3.31	0.009*

K: Kontrol; İ: Isıl işlem; Z: Zımparalı yüzey; R: Rendelenmiş yüzey; X: Ortalama vernik yapışma direnci (MPa); P: t testi önemlilik değeri; *: istatistiksel olarak önemli ($\alpha=0.05$)

da çeşitli vernikler ile farklı katman kalınlıkları oluşturacak şekilde değişik ağaç türleri üzerinde yaptığı çalışmada, polimerik esaslı verniklerde katman kalınlığı artışının vernik yapışma direnci değerini artırıcı etki yaptığını belirtmiştir. Kaygın [10] da çeşitli ağaç malzeme yüzeylerine farklı opak boyalar uyguladığı çalışmada, yapışma direncindeki değişimlerin ağaç malzemeden kaynaklanmadığını, esas değişimin boya türüne bağlı olduğunu belirlemiştir. Su bazlı vernikte yapışma direncinin düşük olması, ısıtılmış işlem gören ağaç malzeme meydana gelen kimyasal değişimler sonucunda ıslanma özelliğinin düşmesine [26] bağlanabilir. Mekanik adezyon, yapıştırıcı veya verniğin malzemenin yüzeyine uygulanmasını ve bu yüzeyi ıslatmasını gerektirmektedir [53]. Isıl işlem sonrası malzeme hidrofili özelliğinin düşmesine bağlı olarak, su bazlı vernikler yüzeyi yeterince ıslatamamış ve yeterli mekanik adezyonu sağlayacak derecede nüfuz edememiştir. Bu nedenle vernik katmanı ile malzeme

gruplarında zımparalama işleminin daha etkili olduğu söylenebilir. Vernik çeşidi ve ağaç malzeme türüne bağlı bazı farklılıklar olsa da, çoğunlukla rendelenmiş yüzeylerdeki vernik yapışma direnci, zımparalanmış yüzeylerinkinden daha yüksek çıkmıştır. Yüzey pürüzlülüğü değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde, rendeli yüzeylerde pürüzlülüğün daha fazla olduğu, bu nedenle de vernik ile malzeme yüzeyi arasındaki temas alanı artışının, mekanik adezyon vasıtası ile vernik yapışma direncini arttırdığı söylenebilir. Ancak mekanik adezyondaki bu artış pürüzlülüğün artışı ile doğru orantılı olarak devam etmemektedir. Dışbudak örnekleri ile sarıçam ve iroko ısıtılmış işlem gruplarında olduğu gibi yüzey pürüzlülüğü 3 mikronun üzerine çıktığında, vernik yapışma direncinde artış değil, bir düşüş gözlenmektedir. Budakçı ve Sönmez [7] iyi bir yapışma için yüzey pürüzlülüğünün azaltılmasını ve üst yüzey film katmanı ile malzeme temas yüzeyindeki havanın aradan çıkarılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu bağlamda

yüze pürüzlülüğü artışı ile mekanik bağlanmanın artışı ancak belirli sınırlar içerisinde sağlanabilmektedir.

Ağaç malzeme türü ve yüze işlem türünden bağımsız olarak, yalnızca ısıl işlemin vernik yapışma direnci üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan, eşleştirilmiş örneklem t testi sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir. Isıl

ıslanabilirliğinin düşmesinin yanı sıra mekanik özelliklerinde meydana gelen değişikliklere de bağlanabilir. Literatürde malzeme yüzeyinde ve özellikle özışını paransim hücrelerinde meydana gelen deformasyonların, mikro çatlakların malzemenin lifleri arasındaki çekme dayanımını da düşürdüğü

Çizelge 7. Ağaç türü, yüze işlemi ve vernik çeşidine göre ısıl işlem faktörünün vernik yapışma direncine etkisi (The Effect of heat treatment on the varnish adhesion according to wood species, surface machining and varnish type)

Ağaç türü	Yüze işlemi	İşlem tipi	Solvent Bazlı		Su Bazlı		Poliüretan		Silikonlu	
			X	P	X	P	X	P	X	P
Iroko	Z	K	3.29	0.55	3.08	0.077	4.55	0.277	5.33	0.006*
		İ	3.54		4.29		4.12		4.06	
	R	K	4.38	0.497	4.82	0.007*	5.88	0.016*	3.90	0.47
		İ	4.43		3.99		4.75		4.13	
Sarıçam	Z	K	2.74	0.003*	2.71	0.211	3.27	0.12	3.31	0.098
		İ	2.45		2.98		2.99		2.86	
	R	K	3.25	0.488	3.55	0.001*	4.98	0.001*	3.22	0.757
		İ	3.42		1.59		2.61		3.19	
Dişbudak	Z	K	4.56	0.011*	4.00	0.125	5.60	0.535	5.90	0.001*
		İ	3.83		3.46		5.74		4.35	
	R	K	4.89	0.019*	3.94	0.234	6.61	0.012*	2.86	0.184
		İ	4.20		3.57		5.17		3.31	

K: Kontrol; İ: Isıl işlem; Z: Zımparalı yüze; R: Rendelenmiş yüze; X: Ortalama vernik yapışma direnci (MPa); P: Eşleştirilmiş örneklem t testi değeri; *: önemli ($\alpha=0.05$)

işlemin diğer faktörlerden bağımsız olarak vernik yapışma direnci üzerindeki etkisi, ağaç türü, yüze işlem ve vernik çeşidine göre farklılık göstermektedir. Isıl işlem görmüş yüzeylerdeki vernik yapışma direnci genellikle daha düşük olmasına rağmen, istatistiksel anlamda önemli farklar yalnızca bazı gruplarda tespit edilmiştir. Isıl işlem solvent bazlı verniğin yapışma direncini, dişbudakta her iki yüzeyde de ve sarıçam zımparalanmış yüzeyde önemli derecede etkilerken, rendeli yüzeyindeki ve irokoda her iki yüzeyde de etkilememiştir. Su bazlı verniğin yapışma direnci üzerinde ısıl işlem, yalnızca iroko ve sarıçamın rendeli yüzeylerinde etkili olmuştur. Poliüretan verniğin yapışma direnci, ısıl işlemle her üç ağaç malzemenin de rendeli yüzeylerinde önemli derecede etkilenirken, zımparalı yüzeylerinde etkilenmemiştir. Isıl işlem silikonlu vernikte yalnızca iroko ve dişbudak zımparalı yüzeylerde önemli farka neden olmuştur. Bu sonuçlar rendeli yüzeylerde pürüzlülüğün daha yüksek olduğu bilgisi ve vernik katman kalınlıkları ile birlikte değerlendirildiğinde, PÜ vernikte olduğu gibi daha kalın katman kalınlığı söz konusu olduğunda, yüze pürüzlülüğü düştükçe ısıl işlemin yapışma direnci üzerindeki etkisinin de azaldığını göstermektedir. Nispeten ince vernik katmanları ısıl işlemin yanı sıra, işleme yönteminden kaynaklanan yüze pürüzlülüğünden de daha fazla etkilenmektedir.

Isıl işlem sonrası vernik yapışma direnci değerlerindeki düşüş, malzemenin kimyasal yapısında meydana gelen değişiklikler sonucu yoğunluğunun, denge rutubetinin ve

belirtilmektedir [49]. Çekme dayanımındaki bu düşüşün, vernik yapışma direnci değerlerini de olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSION and RECOMMENDATIONS)

Araştırmada ısıl işlem görmüş ağaç malzeme, yüze hazırlık işleminin ve vernik çeşidinin, vernik yapışma direnci üzerine etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Thermowood yöntemi ile ısıl işlem görmüş dişbudak, sarıçam ve iroko örnekleri ve kontrol örneklerinin; zımparalanmış ve rendelenmiş yüzeylerine; dört tür vernik (solvent bazlı vernik, silikonlu vernik, poliüretan vernik ve su bazlı vernik) uygulanmış ve vernik yapışma direnci değerleri belirlenmiştir.

Araştırmada, ısıl işlemin malzemenin hem yoğunluğunu hem de denge rutubet miktarını düşürdüğü tespit edilmiştir. Yüze işlem metodunun etkisi değerlendirildiğinde, her üç ağaç malzeme türünde de, hem ısıl işlem görmüş, hem de görmemiş örneklerde, 200 numaralı zımpara ile zımparalanmış yüzeylerin, rendelenmiş yüze ortalama pürüzlülüğünden önemli derecede düşük olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem, vernik katman kalınlığını önemli derecede etkilememiştir. Bu sonuçlar ışığında vernik katman kalınlığını etkileyen en önemli faktörün, vernik çeşidi olduğu söylenebilir.

Isıl işlem görmüş örneklerde vernik yapışma direncinin genellikle daha düşük olduğu; ısıl işlem görmüş dişbudak ve sarıçam grupları dışında rendelenmiş yüzeylerde

zımparalanmış yüzeylere oranla daha yüksek vernik yapışma direnci değerleri tespit edilmiştir. Yüzey işlem faktörü dikkate alındığında, yüzey pürüzlülüğü tüm gruplarda farklı olmasına rağmen, vernik yapışma direncinde ağaç türü ve vernik çeşidine göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün vernik yapışma direncini sarıçamda daha fazla etkilediği görülse de, vernik çeşidi veya ısıl işlem grupları için genelleme yapılabilecek sonuçlar görülmemiştir. Yüzey pürüzlülüğünün artışı belirli sınırlar içerisinde vernik yapışma direncinde de artışa neden olmuştur. Her üç ağaç malzemesinde de en yüksek yapışma direnci poliüretan vernikte tespit edilmiştir. Su bazlı verniğin en düşük yapışma direncine sahip olduğu söylenebilir.

Isıl işlem görmüş ve görmemiş ağaç malzemesinde farklı verniklerin, vernik yapışma direnci benzer sonuçlar ortaya koymuştur. Vernik yapışma direncinin daha çok verniğin yapısına ve katman kalınlığına bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgiler ışığında vernik yapışma direnci açısından en iyi sonucu veren poliüretan verniğin kullanılması önerilir. Özellikle zemin döşeme, kent mobilyaları gibi mekanik etkilere maruz kalacak ürünlerde poliüretan verniğin kullanılması daha uygun olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Tarafından KBÜ-BAP-14/2-YL-030 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir

KAYNAKLAR

- Budakçı M., "Pnomatik adezyon deney cihazı tasarımı, üretimi ve ahşap verniklerinde denenmesi", *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2003).
- Highley T. L., Kicle T. K., "Biological Degradation of Wood", *Phytopathology* 69: 1151-1157, (1990).
- Atar M., Keskin H., Yavuzcan H.G., "Varnish Layer Hardness of Oriental Beech (Fagus Orientalist L.) Wood as Affected by Impregnation and Color Bleaching", *Journal of Coatings Technology*, 1(3): 219-224, (2004).
- Atar M., Çolakoğlu M. H., "Surface Adhesion Strength of Varnishes in Impregnated Woods", *Journal of Applied Science*, 9(22): 4066-4070, (2009).
- Yakın M., "Su bazlı verniklerde sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma mukavemetinin tespiti", *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2001).
- Özdemir T., "Türkiye'de yetişen bazı ağaç türlerinde verniklerin özelliklerinin araştırılması", *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2003).
- Budakçı M., Sönmez A., "Bazı ahşap verniklerin farklı ağaç malzeme yüzeylerindeki yapışma direncinin belirlenmesi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(1): 111-118, (2010).
- Demirci Z., Sönmez A., Budakçı M., "Effect of thermal ageing on the gloss and the adhesion strength of the wood varnish layers," *BioResources*. 8(2): 1852-1867, (2013).
- Söğütü C., Nzokou P., Koç I., Tutgun R., Döngel N., "The effects of surface roughness on varnish adhesion strength of wood materials", *Journal of Coatings Technology and Research*, 13: 863-870, (2016).
- Kaygın B., "Ahşap Yüzeylerde kullanılan opak boyaların dayanım özellikleri", *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1997).
- Özçiğçi A., Özpak S., "Impacts of impregnation solutions on the adhesion strength of outer usage varnish coatings", *Construction and Building Materials*, 22(4): 513-520, (2008).
- Keskin H., Atar M., Korkut S., Korkut D. S., "Impacts of Impregnation with Imersol-Aqua on Surface Adhesion Strength of Synthetic, Acrylic, Polyurethane and Waterborne Varnishes", *Pigment & Resin Technology*, 40 (3): 154-160, (2011).
- Toker H., Özçifci, A., Hiziroglu. S., "Influence of weathering on adhesion strength of chemically treated and coated Scotch Pine", *Progress in Organic Coating*, 73: 211-214, (2012).
- Atar M., Peker H., "Effects of impregnation with boron compounds on the surface adhesion strength of varnishes used woods", *African Journal of Environmental Science and Technology*, 4(9): 603-609, (2010).
- Yıldız S., "Isıl işlem uygulanan doğu kayını ve doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri", *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2002).
- Özçiğçi A., Altun S., Yapıcı F., "Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisi" *In. 5.Ululararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, 1171-1175, (2009).
- Yapıcı F., Esen R., Yörür H., Likos L., "The effects of heat treatment on the modulus of rupture and modulus of elasticity of scots pine (*Pinus sylvestris L.*) wood", *e-Journal of New World Sciences Academy*, 8(1): 1-6, (2012).
- Boonstra M. J., Tjeerdsma B., "Chemical analysis of heat-treated soft woods", *Holz als Roh und Werkstoff*, 64(3): 204-211, (2006).
- Ates S., Akyıldız M. H., Özdemir H., "Effect of Heat Treatment on Calabrian Pine (*Pinus brutia Ten.*) Wood", *BioResources*, 4(3): 1032-1043, (2009).
- Esteves B. M., Pereira H. M., "Wood modification by heat treatment: A review", *BioResources*, 4(1): 370-404, (2009).
- Militz H., "Heat treatment of wood:European process and their background". *Int Research Group Wood Protection, Section-4 Processes*, No:IRG/WP 02-40241, (2002).
- Tjeerdsma B. F., Boonstra M., Pizzi A., Tekely P., Militz H., "Characterisation of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement", *Holz Roh-und Werkstoff*, 56: 149-153, (1998).
- Jamsa S., Viitaniemi P., "Heat treatment of wood – Better durability without chemicals. In: Review on heat treatments of wood", *COST Action E22, EUR 19885*, 17-22, (2001).
- Wikberg H., Maunu S., "Characterisation of thermally modified hard and softwoods by ¹³C CPMAS NMR", *Carbohydrate Polymer*, 58: 461-466, (2004).

25. Bhuiyan T., Hirai N., “Study on crystalline behaviour of heat treated wood cellulose during treatments in water”, *Journal of Wood Science*, 51: 42-47, (2005).
26. Kocacafe D., Poncsak S., Dore G., Younsi R., “Effect of heat treatment on the wettability of White ash and soft mapple by water”, *Holz Roh und Werkstoff*, 66(5): 355-361, (2008).
27. Hakkou M., Petrissians M., Zoulalian A., Gerardin P., “Investigation of wood wettability changes during heat treatment on the basis of chemical analysis”, *Polymer Degradation and Stability*, 89: 1-5, (2005).
28. Petric M., Knehtl B., Krause A., Militz H., Pavlic M., Petrissians M., Rapp A., Tomazic M., Welzbacher C., Gerardin P., “Wettability of waterbourne coatings on chemically and thermally modified pine wood”, *Journal of Coating Technology Research*, 4(2): 203-206, (2007).
29. Jamsa S., Ahola P., Viitaniemi P., “Long term natürel weathering of coated Thermowood”, *Pigment Resin Tehnology*, 29(2): 68-74, (2000).
30. Kesik H. İ., Akyıldız M. H., “Effect of the Heat Treatment on the Adhesion Strength of Water Based Wood Varnishes”, *Wood Research*, 60(6): 987-994, (2015).
31. Kesik H. İ., Vurdu H., Çağatay K., Özkan O. E., Öncel M., “Yağlı Isıl İşlem Görmüş Sarıçam Odununda Koruyucu Katmanların Yapışma ve Sertlik Özellikleri”, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(2): 261-266, (2015).
32. Kesik H. İ., Vurdu H., Öncel M., Özkan O. E., Çağatay K., Aydoğan H., “The effects of varnish and paint coatings on oil heat Treated Turkish fir wood”, *In. Proceedings of the 27th International Conference Research for Furniture Industry*, Ankara, 98-104, (2015).
33. TS 2471, “Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini”, (1976).
34. <http://www.hemel.com.tr/content/media/document/MSDS-HEMEL-HICKSON-DECOR-PLUS-WOODSTAIN-CESITLI-RENKLER.pdf>
35. <http://www.hemel.com.tr/content/media/document/MSDS-HI2014.pdf>
36. <http://www.hemel.com.tr/content/media/document/MSDS-HF-2044.pdf>
37. <http://www.faworiboya.com.tr/Upload/ProductOrjinal/44/fawori%20marin%20yat%20vernük%20msds.PDF>
38. https://www.filliboya.com/upload/CmsBrand/BrandContentFile/CAPAROL_HOLZSCHUTZLASUR_MSDS_TR.pdf
39. TS 2472, “Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini”, (1976).
40. TS6956 EN ISO 4287, “Geometrik mamul özellikleri (gmö) - Yüzey yapısı: Profil metodu - Terimler, tarifler ve yüzey yapısı parametreleri”, (2004).
41. TS 971, “Yüzey pürüzlülüğü-parametreler ve pürüzlülük tespiti kuralları”, (1988).
42. ASTM D 1005-95, “Standard Test Method for Measurement of Dry-Film Thickness of Organic Coatings Using Micrometers”, (2013).
43. ASTM D-4541, “Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers”, (2009).
44. Kılıc M., Hızıroğlu S., Burdurlu E., “Effect of machining on surface roughness of wood”, *Building and Environment*, 41: 1074-1078, (2006).
45. Kesik H. İ., Korkut S., Hızıroğlu S., Sevik H., “An evaluation of properties of four heat treated wood species”, *Industrial Crops and Products*, 60: 60-65, (2014).
46. Karagöz U., Akyıldız M. H., İşleyen O., “Effect of Heat Treatment on Surface Roughness of Thermal Wood Machined by CNC”, *ProLigno*, 7(4): 50-58, (2011).
47. Ulay G., Budakçı M., “Ahşap Yüzeylerde Kullanılan Su Bazlı Vernikler İle İlgili Türkiye’de Yapılan Çalışmalar”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3: 470-480, (2015).
48. Özdemir T., Hızıroğlu S., Kocapınar M., “Adhesion Strength of Cellulosic Varnish Coated Wood Species as Function of Their Surface Roughness”, *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015: 1-5, Article ID 525496, (2015).
49. Atar M., Cınar H., Dongel N., Yalınkılıc A.C., “The effect of heat treatment on the pull-off strength of optionally varnished surfaces of five wood materials”, *BioResources*, 10(4): 7151-7164, (2015).
50. Tutgun R., “Ağaç malzemedeki yüzey pürüzlülüğünün vernik katmanını tutunma direncine etkisi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2013).
51. Budakçı M., Pelit H., “Yağ Bazlı Tahta Koruyucunun Polyester Verniğin Yapışma Direncine Etkisi”, *Selçuk-Teknik Dergisi, Özel sayı 1*: 886-895, (2015).
52. Budakçı M., “Ahşap verniklerde katman kalınlığının sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma mukavemetine etkileri”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1997).
53. Aydın İ., Çolakoğlu G., Akbulut T., “Ağaç malzemenin yapıştırılmasında adhezyon teorisi”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri B*, 51(2): 91-99, (2001).