

Isıl İşlem Görmüş (ThermoWood) ve Su Bazlı Vernik Uygulanmış Bazı Ağaç Türlerinde Hızlandırılmış UV Yaşlandırmanın Yüzeye Yapışma Direncine Etkisi

Araştırma Makalesi /Research Article

Ümit AYATA¹, Nevzat ÇAKICIER^{2*}

¹Ormançılık ve Orman Ürünleri Programı, Oltu Meslek Yüksekokulu, Atatürk Üniversitesi, Oltu/Erzurum, Türkiye

²Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye

(Geliş/Received : 12.07.2017 ; Kabul/Accepted : 15.08.2017)

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, ısıl işlem görmüş (ThermoWood) ve su bazlı vernik uygulanmış bazı ağaç türlerinde hızlandırılmış UV yaşlandırmanın yüzeye yapışma direncine etkisini belirlemektir. Bu amaçla Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), Sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunlarına, ThermoWood metoduna göre 190°C'de 2 saat ve 212°C'de 1 ve 2 saat süreler ile ısıl işlem uygulanmıştır. Elde edilen malzemelerin yüzeylerine su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler tatbik edilmiştir. Daha sonra UV-A 340 nm floresan lambalarının bulunduğu UV yaşlandırma cihazında 144, 288 ve 432 saat süre boyunca (ASTM G 154-06) yaşlandırılmaya maruz bırakılmıştır. Bu periyot sonralarında yüzeye yapışma dirençleri ölçülmüştür. Elde edilen bu sonuçlara göre; kullanılan su bazlı tek ve çift bileşenli verniklerin ısıl işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde, yaşlandırma sonralarında yüzeye yapışma direnci değerinde azalma gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl işlem, su-bazlı vernik, yüzeye yapışma direnci, UV yaşlandırma.

Impact of Accelerated UV Aging on the Surface Adhesion Strength of Water-Based Varnish Applied and Heat-Treated (ThermoWood) Some Wood Species

ABSTRACT

This study was performed to determine the impact of accelerated UV aging on surface adhesion to some wood species treated with heat treated (ThermoWood) and water based varnish. For this purpose, heat treatment was carried out at 190°C for 2 hours and 212°C for 1 and 2 hours according to the ThermoWood method for the Scots pine (*Pinus sylvestris* Lipsky), European oak (*Quercus petraea* Liebl.) and Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky). Water based single and double component varnishes had been applied to the surfaces of the obtained materials. The UV-A was then aged for 144, 288 and 432 hours (ASTM G 154-06) on a UV aging device with 340 nm fluorescent lamps. After these periods the surface adhesion resistance was measured. According to these results obtained; It had been determined that on the surface of water-based single and double component varnishes applied and heat treated wood showed a decrease in the adhesion value after aging.

Keywords: Heat treatment, water-based varnish, surface adhesion strength, UV aging.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde çeşitli ısıl işlem metotları (Finland - ThermoWood, Holland - Plato Wood, Germany - Oil Heat Treatment, France - Bois Perdue, Rectification, vb.) bulunmaktadır. Bu çeşitli ısıl işlem metotlarından birisi olan ThermoWood metodu ülkemizde Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Bolu-Gerede'de bulunan ThermoWood Kereste Üretim Fabrikası'nda uygulanmaktadır.

Isıl işlem uygulaması sonrasında ahşap malzemelerin dış ortam koşullarına karşı olan direncini arttırmak için, üst yüzey koruyucu (vernik, boya vb.) kimyasalların kullanılması gerektiği bilinmektedir.

Yapılan çalışmalarda [1, 2] üst yüzey kimyasalları, ısıl işlem uygulaması ve dış ortam şartları üzerinde gösterdiği performans araştırılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, ThermoWood metoduna göre 190°C'de 2 saat ve 212°C'de 1 ile 2 saat sürelerde ısıl işlem görmüş ve su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler ile verniklenmiş sarıçam, doğu kayını ve sapsız meşe odunlarından elde edilen vernikli deney örneklerinin bir hızlandırılmış QUV yaşlandırma cihazında 144, 288 ve 432 saat süreleri boyunca UV ışınlarına maruz bırakılarak, yaşlandırma öncesi ve yaşlandırma sonralarında meydana gelen değişikliklerin hangi periyotlarda başladığını belirlemek, su bazlı tek ve çift bileşenli verniklerin ısıl işlem görmüş ahşap malzemeler üzerinde sahip oldukları performansın belirlenmesine ve uyumun yaygınlaştırılmasına katkıda bulunmak için yapılmıştır.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : nevatcackicier@duzce.edu.tr

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

2.1. Materyal (Material)

2.1.1. Örnek Ağaçların Elde Edilmesi (Obtaining Sample Woods)

Ülkemiz ağaçları endüstrisinde yaygın olarak kullanılması nedeniyle sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) türleri tercih edilmiştir. Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ağaç malzeme TS 1476'da belirtilen esaslara uygun olarak Düzce'deki kereste işletmelerinden tamamen tesadüfi metotla temin edilmiştir. Ağaç malzemenin seçiminde kerestenin sağlam olmasına, liflerinin düzgün, budaksız, ardaksız, normal büyüme göstermiş, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir [3, 4].

2.1.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması (Preparation of Experimental Examples)

Keresteler ortalama $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemli iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilerek rutubetlerinin $\%12$ 'ye gelmesi sağlanmıştır [5].

2.2. Yöntem (Method)

2.2.1. Isıl İşlem Uygulaması (Heat Treatment Application)

Bu araştırmada kullanılan ahşap örnekler ThermoWood ısıtma işlemi ile çalışan Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Bolu-Gerede de bulunan ThermoWood Kereste Üretim Fabrikası'nda ısıtma işlemi tabii tutulmuşlardır. Sarıçam, kayın ve meşe örnekler fabrikada bulunan bilgisayar kontrollü test fırınında, 190°C 'de 2 saat (TW_1), 212°C 'de 1 saat (TW_2) ve 212°C 'de 2 saat (TW_3) periyotlarında ThermoWood yönteminde belirtilen esaslara uygun olarak ısıtma işlemi tabii tutulmuştur [6]. Isıtma işlemi görmüş keresteler TS 642 [5] standardına göre ortalama $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemli iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletildikten sonra deneysel çalışmalara geçilmiştir. Daha sonra test örnekleri endüstriyel uygulamalara uygun olarak kalibre zımpara makinesi yardımıyla önce 100, 120 ve daha sonra 180 nolu zımpara ile zımparalanmıştır.

2.2.2. Su-Bazlı Verniklerin Uygulanması (Application of water-based varnishes)

2.2.2.1. Astar Vernik Uygulaması (Primer Varnish Application)

180 nolu zımpara ile zımparalanmış $500 \times 100 \times 14$ mm temiz ölçüsüne getirilmiştir. Isıtma işlemi görmüş sarıçam, kayın ve meşe keresteleri; DUAL Boya Firması'ndan temin edilen ve firma önerilerine göre uygulamaya hazır hale getirilen AQUACOOOL FX 6150 kodlu biyosit ve lignin koruyucu içeren renksiz astar ile 10 sn'lik daldırma periyoduna göre iki kat olarak uygulanmıştır. Katlar arasında 20°C ortam sıcaklığında 3 saat beklendikten sonra kuruyan vernik filmi 400 nolu su zımparası ile zımparalanmış ve tozlar temizlendikten sonra ikinci kat

uygulaması yapılmıştır. Tam kuruması sağlanan astar katı, 400 numara zımpara ile zımparalanarak tozlar temizlendikten sonra su bazlı tek ve çift bileşenli son kat vernik uygulamalarına geçilmiştir [7].

2.2.2.2. Su-Bazlı Tek Bileşenli Vernik Uygulaması (Water-Based Single Component Varnish Application)

Son kat su bazlı tek bileşenli vernik uygulamasında Dual Boya Firmasının AQUACOOOL FX 7680/00 Dış Mekân renksiz son kat verniği kullanılmıştır. Endüstriyel uygulamalara uygun olarak Çizelge 1'de verilen miktarlarda tatbik edilmiştir. Uygulamada tabanca uç açıklığı 2.0 mm olan üstten hazneli püskürtme tabancası kullanılmıştır. Püskürtme tabancası ile endüstriyel yüzey uygulaması yönelik olarak numune yüzeyine dik ve uzaklığı 20-25 cm olacak şekilde paralel hareket ettirilerek, her katta önce liflere dik sonra liflere paralel olmak üzere çapraz kat yapılmıştır. Uygulamadaki hava basıncı 2 bar olarak seçilmiştir. Vernik uygulamasında birinci kat uygulandıktan sonra 20°C ortam sıcaklığında 3 saat beklenmiş ve kurutulmuş katman 400 nolu su zımparası ile zımparalandıktan sonra ikinci kat uygulanmıştır. Uygulama sırasında Çizelge 3'de verilen verniklere ait katı madde miktarlarının oranlarına göre film katman kalınlıklarının birbirine eşit olmasına özen gösterilmiştir. Üretici firma tarafından takım halinde temin edilen su-bazlı tek bileşenli verniğin bazı teknik özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

2.2.2.3. Su-Bazlı Çift Bileşenli Vernik Uygulaması (Water-Based Double Component Varnish Application)

Son kat su bazlı çift bileşenli vernik uygulamasında Dual Boya Firmasının AQUACOOOL 0820/00 Dış Mekân renksiz son kat verniği (vernici + AQUACOOOL AX 0115 sertleştirici ($\%25$) + su ($\%10$)) kullanılmıştır. Endüstriyel uygulamalara uygun olarak Çizelge 1'de verilen miktarlarda tatbik edilmiştir. Uygulamada tabanca uç açıklığı 2.0 mm olan üstten hazneli püskürtme tabancası kullanılmıştır. Püskürtme tabancası ile endüstriyel yüzey uygulamasına göre numune yüzeyine dik ve uzaklığı 20-25 cm olacak şekilde paralel hareket ettirilerek, her katta önce liflere dik sonra liflere paralel olmak üzere çapraz kat uygulaması yapılmıştır. Uygulamadaki hava basıncı 2 bar olarak seçilmiştir. Vernik uygulamasında birinci kat uygulandıktan sonra 20°C ortam sıcaklığında 3 saat beklenmiş ve kurutulmuş katman 400 nolu su zımparası ile hafifçe zımparalandıktan sonra ikinci kat uygulanmıştır. İkinci kat uygulamasından sonra 20°C ortam sıcaklığında 3 saat beklenmiş ve kurutulmuş katman 400 nolu su zımparası ile hafifçe zımparalandıktan sonra üçüncü kat uygulanmıştır. Uygulama sırasında Çizelge 3'de verilen verniklere ait katı madde miktarlarının oranlarına göre film katman kalınlıklarının birbirine eşit olmasına özen gösterilmiştir. Üretici firma tarafından takım halinde temin edilen su-bazlı çift bileşenli verniğin bazı teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Vernik uygulamaları (Varnish applications) Tek bileşenli vernik uygulaması

| Çift bileşenli vernik uygulaması | | |
|---|--------|--|
| FX 6150 UV Koruyucu Astar Daldırma yöntemi Katı Madde (%19.45) | 1. kat | 130 g/m ² 25 g/m ² |
| | 2. kat | 70 g/m ² 13 g/m ² |
| FX 7680 Son Kat Vernik Pistole ile yöntemi Katı Madde (%43.26) | 1. kat | 140 g/m ² 61 g/m ² |
| | 2. kat | 140 g/m ² 61 g/m ² |
| Toplam Katı Madde | | 160 g/m ² |
| Çift bileşenli vernik uygulaması | | |
| FX 6150 UV Koruyucu Astar Daldırma yöntemi Katı Madde %19.45 | 1. kat | 130 g/m ² 25 g/m ² |
| | 2. kat | 70 g/m ² 13 g/m ² |
| FX 0820 2K Son Kat Vernik Pistole ile yöntemi karışım Katı Madde %37.78 | 1. kat | 105 g/m ² 40 g/m ² |
| | 2. kat | 105 g/m ² 40 g/m ² |
| | 3. kat | 105 g/m ² 40 g/m ² |
| Toplam Katı Madde | | 158 g/m ² |

Çizelge 2. Uygulanan vernikler hakkında bilgiler (Information on applied varnishes)

| A | B | C | D | E | F | G | H |
|--|--|------|-----|-------|---|---|---------------|
| FX 6150 UV koruyucu astar | Akrilik reçine, biyosit ve UV koruyucu | 1.02 | 9.2 | 19±2 | Tercihen daldırma yöntemi, rulo, fırça, bez, sünger | DIN 4 kabında 20°C'de 11 saniye | Tek katta 100 |
| FX 7680 dış mekân parlak vernik | Akrilik ve alifatik PU reçine | 1.05 | 9.3 | 42±2 | Pistole, fırça | DIN 6 kabında 20°C'de 45-55 saniye | 100-140 |
| FX 0820 dış mekân parlak vernik 2K | Alifatik PU dispersiyon | 1.03 | 8.5 | 32±2 | Pistole, basınçlı pompa | DIN 4 kabında 20°C'de 35-45 saniye (AX 015 sertleştirici katılmış hali ile) | 60-100 |
| AX 0115 sertleştirici | Suda çözünen alifatik poli izosiyanat | - | - | 66-72 | - | - | - |
| A: Vernik Türleri, B: Bileşeni, C: Yoğunluk, D: pH, E: Katı Madde (%), F: Uygulama Metodu, G: Viskozite, H: Uygulanan Miktar (g/m ²) | | | | | | | |

2.2.3. Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Uygulaması Öncesi Deney Örneklerinin Hazırlanması (Preparation of Experimental Examples Before Accelerated UV Aging Application)

Isıl işlem görmüş ve su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler ile verniklenmiş 500x100x14 mm boyutlarındaki örnekler, yaşlandırma cihazına ait panel tutuculara uygun olarak, 120x80x14 mm boyutlarında kesildikten sonra elde edilen malzemelerin vernik bulunmayan açık kenarları, yaşlandırma uygulamaları sırasında herhangi bir olumsuz etkilere maruz kalmaması için aynı tür vernik ile verniklenerek yaşlandırma işlemlerine hazır hale getirilmiştir [7].

2.2.3.1. Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Uygulaması (Accelerated UV Aging Application)

Sarıçam, kayın ve meşe odunlarına ait deney örneklerine, su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler uygulandıktan sonra iklimlendirme laboratuvarında %12 rutubet için 20±2°C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem şartlarında üç hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır. Sonra vernikli malzemeler; ASTM G 154-06 [8] standardına (15 dakika su sprej, 8 saat UV) ait yaşlandırma ortam koşullarının modifiye edilmesiyle hazırlanmış (0.67 ışık şiddeti, 18 dakika su sprej, 2 saat UV ve 50°C ortam sıcaklığı) ve

UV-A 340 florasan lambalarının bulunduğu QUV accelerated weathering tester cihazında; 144, 288 ve 432 saat süre boyunca UV yaşlandırma etkilerine maruz bırakılmıştır [7].

2.2.4. Katı Madde Tayini (Solid Material Test)

Katı madde tayininin amacı; eşit kalınlıkta katman hazırlayabilmek için vernik veya boyanın katman yapma özelliğini tespit etmektir. Bunun için; ASTM D 1644-01 [9] esaslarına uyularak; vernikler, darası önceden alınan Ø 75±5 mm'lik konkav saat camına 2±0,2 g olacak şekilde damlalık ile konulmuş, daha sonra etüvde 60°C'de ağırlıkça sabit hale gelene kadar bekletilmiştir. Bu süre sonunda çözücüler tamamen buharlaştırılarak yeniden tartımları yapılmıştır. Katı madde miktarları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$K_m = [(V_u - \text{Ç}_b) / V_u] \times 100 \quad (1.)$$

$$V_u = G - D, \quad (2.)$$

$$\text{Ç}_b = G - E, \quad (3.)$$

Burada;

V_u = Uygulanan vernik (g),

Ç_b = Buharlaştıran çözücü (g),

K_m = Katı madde (%)

G = Yaş ağırlık (g),

D = Dara (g),
E = Kuru ağırlık (g).

2.2.5. Emprenye Retensiyon Oranlarının Belirlenmesi (Determination of Impregnated Retention Ratios)

Firma önerilerine göre uygulamaya hazır hale getirilen AQUACOO FX 6150 kodlu renksiz astar verniğinin uygulanmasında kısa süreli emprenye daldırma metodu kullanılmış olup, deney numuneleri 10 saniye süre ile emprenye maddesi içerisinde 2 defa bırakılmıştır [7].

Emprenye edilen örneklerin absorbe ettikleri çözelti miktarları ve net kuru madde miktarları TS 5723 [10] (Ahşap Koruma-Emprenye Maddesi Nüfuz Derinliğinin Tayini) standardında belirtilen yol takip edilerek aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır [3, 11, 12].

$$\text{Retensiyon} = \frac{G \times C}{V} \times 10 \text{ kg/m}^3 \quad (4.)$$

Eşitlikte;

G = Örnek tarafından absorbe edilen çözelti miktarı ($m_1 - m_0$) (g)

m_0 = Emprenye öncesi ağırlık (g)

m_1 = Emprenye sonrası yaş ağırlık (g)

C = Çözelti konsantrasyonu

V = Odun örneğinin hacmi (cm^3)'dir.

$$\text{Retensiyon} = \frac{\text{Moes} - \text{Moeö}}{\text{Moeö}} \times 100 \quad (5.)$$

Eşitlikte;

Moes = Emprenye sonrası numunenin tam kuru ağırlığı (g)

Moeö = Emprenye öncesi numunenin tam kuru ağırlığı (g)

C = Çözelti konsantrasyonu (%).

2.2.6. Kuru Film Kalınlıkları (Dry Film Thicknesses)

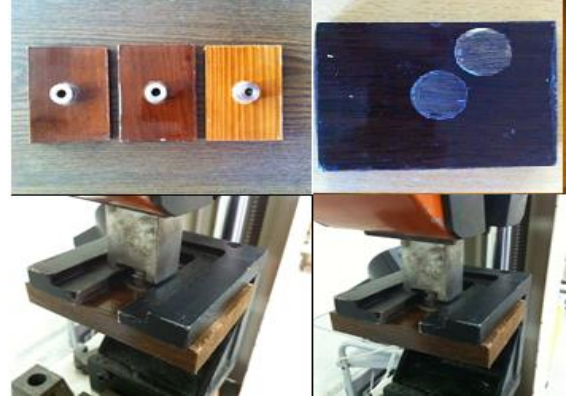
Çalışmada kullanılan verniklerin kuru film katman kalınlıkları Şekil 1'de gösterilen PosiTector 200 cihazında ASTM D 6132 [13] standardında belirtilen esaslara uyularak belirlenmiştir. Çeşitli mikron kalınlıklarına sahip film tabakaları ile kalibresi doğrulanan cihazın probu, vernikli ahşap malzeme üzerine damlatılan jel (DeFelsko marka - Ultrasonic couplant)'in üstüne gelecek şekilde bastırılmaktadır. Cihaz ultrasonik olarak çoklu sinyal gönderdikten hemen sonra tarama yapması ile otomatik olarak mikron kalınlığına ait değer ekranda okunmaktadır [7].



Şekil 1. PosiTector 200 cihazı (PosiTector 200 device).

2.2.7. YüzeYE Yapışma Testi (Surface Adhesion Test)

Vernik katmanlarının yüzeYE yapışma direnci, ASTM D-4541'e [14] göre, ALŞA marka 1 ton (10 KN) Elektromekanik Universal test cihazında yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Universal test cihazı ve yüzeYE yapışma direnci aparatı (Universal tester and surface adhesion resistance).

Çalışmada 404 plastik çelik marka yapıştırıcı kullanılmıştır. Koruyucu katmanla kaplanan ve tam kurumayı sağlanan örnek yüzeylerine 20 mm olan çekme silindirleri, kalıp yardımıyla normal oda sıcaklığında yapıştırılmıştır (Şekil 3). Jelleşmeye başlayan yapıştırıcı fazlalıkları 2 saat sonra bir iskarpela yardımı ile temizlenmiş ve 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır [15, 16, 17].



Şekil 3. Çekme silindirlerinin ahşap bir düzenek yardımıyla vernikli yüzeYE yapıştırılması (Bonding of drawing cylinders to a varnished surface with the help of a wooden mechanism).

Çekme silindiri yapıştırılan yüzeylerdeki katman, malzeme yüzeyine kadar kesici yardımıyla kesilmiştir. İşleme yalnızca yapıştırılan alanın kopartılmasına olanak sağlanmıştır [15, 16].

Universal test cihazında örnekler yüzeYE yapıştırılan silindirlere çekilerek kopartılmış ve kopma anındaki kuvvet kaydedilmiştir. ASTM D 4541 [14] standardına uyularak çekme gerilmesinin, deneyin 90 saniye içerisinde tamamlanmasına özen gösterilmiştir. Yapışma direnci aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır [15, 16].

$$X = 4 F / \pi \cdot d^2 \quad (6.)$$

Burada;

X = Yapışma direnci (MPa),

F = Kopma anındaki kuvvet (Newton)

d = Çekme silindirinin çapı (mm).



Şekil 4. Tutkalin kurumasından sonra çekme silindirisinin çevresinde oluşan tutkalin alınması için kullanılan kesici deney aleti (Cutting test tool used to remove glue formed around the drawing roller after drying the glue).

2.2.8. Verilerin Değerlendirilmesi (Evaluation of Data)

İstatistiksel analiz sonuçları, yaşlandırma öncesi ile yaşlandırma sonrasında tahribatların oluştuğu örneklerin karşılaştırılması sonucu ile belirlenmiştir. İstatistiksel değerlendirmelerde MSTATC istatistik paket programından faydalanılmıştır. Çoklu varyans analizi "ANOVA" testleri, Duncan testi ve LSD (en küçük önemli fark) kritik değerleri belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Kullanılan Verniklerin Özelliklerine Ait Bulgular (Findings of Properties of Used Varnishes)

3.1.1. Katı Madde Oranlarının Belirlenmesi (Determination of Solids Ratios)

Çalışmada kullanılan verniklerin katı madde miktarlarına ilişkin sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. En yüksek katı madde oranı; su bazlı tek bileşenli vernikte, en düşük ise emprenye renksiz dolgu verniği FX 6150'de elde edilmiştir.

Çizelge 3. Kullanılan verniklerin katı madde miktarları (%) (Solids content of varnishes used (%)).

| Vernik Çeşidi | Katı Madde Oranı (%) |
|---|----------------------|
| Emprenye Dolgu Renksiz FX 6150 UV | 19.45 |
| Su Bazlı Tek Bileşenli Vernik FX 7680 | 43.26 |
| Su Bazlı Çift Bileşenli Vernik FX 0820 2K + AX 0115 sertleştirici | 37.78 |

Çizelge 4. ThermoWood metoduna göre ısı işlem görmüş ağaç türlerine ait net kuru madde miktarları ve % tutunma oranları (Dry film thickness dry matter quantities and % holding ratios of heat treated wood species according to ThermoWood method).

| Isıl İşlem | Sarıçam | | Kayın | | Meşe | |
|-----------------|---------|-------|--------|------|--------|------|
| | A | B | A | B | A | B |
| 190°C'de 2 saat | 9.8089 | 10.34 | 6.2698 | 4.09 | 6.5139 | 4.57 |
| 212°C'de 1 saat | 12.2580 | 11.86 | 6.8494 | 4.94 | 6.6969 | 5.20 |
| 212°C'de 2 saat | 12.9515 | 14.05 | 7.5817 | 5.41 | 6.8342 | 5.25 |

A: Net kuru madde miktarı (kg/m³), B: % tutunma

3.1.2. Emprenye Retensiyon Oranlarının

Belirlenmesine İlişkin Bulgular (Findings on Determination of Impregnated Retention Ratios)

ThermoWood metoduna göre ısı işlem görmüş sarıçam, kayın ve meşe odunlarının retensiyon oranları Çizelge 4'de verilmiştir. Isıl işlem görmüş ağaç malzemelere uygulanan 2 defa 10 saniyelik emprenye işleminin sonunda; en yüksek net kuru madde miktarı ve retensiyon oranı; 212°C'de 2 saat ısı işlem görmüş sarıçam örneğinde, en düşük ise 190°C'de 2 saat ısı işlem görmüş kayın örneğinde tespit edilmiştir. Isıl işlem süresi ve sıcaklığın artmasına paralel olarak net kuru madde miktarı ve % retensiyon miktarının arttığı belirlenmiştir.

3.1.3. Kuru Film Kalınlıklarına İlişkin Bulgular (Findings related to dry film thicknesses)

Su bazlı tek ve çift bileşenli verniklerin kuru film kalınlıklarına ilişkin ölçüm sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Kuru film kalınlıkları (Dry film thicknesses).

| Isıl İşlem | Vernik Çeşidi | Katman Kalınlığı (µm) | | |
|-----------------|----------------|-----------------------|--------|--------|
| | | Sarıçam | Kayın | Meşe |
| 190°C'de 2 saat | Tek Bileşenli | 139.80 | 137.00 | 142.00 |
| | Çift Bileşenli | 155.00 | 152.00 | 153.80 |
| 212°C'de 1 saat | Tek Bileşenli | 140.80 | 136.40 | 147.00 |
| | Çift Bileşenli | 155.40 | 151.80 | 156.60 |
| 212°C'de 2 saat | Tek Bileşenli | 144.00 | 139.00 | 148.60 |
| | Çift Bileşenli | 154.60 | 152.40 | 158.20 |

Katman kalınlığı en yüksek olarak 212°C'de 2 saat ısı işlem görmüş ve çift bileşenli vernik ile verniklenmiş meşede tespit edilirken, en düşük 212°C'de 1 saat süre ile ısı işlem görmüş ve tek bileşenli vernik ile verniklenmiş kayın odununda belirlenmiştir.

3.1.4. Yüze Yapışma Direncine Ait Bulgular (Resistance to Surface Adhesion Findings)

Yüze yapışma direncine ait Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve bu sonuçlar Çizelge 6'de verilmiştir. Varyans analiz sonucuna göre ağaç türü, ısı işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıktığı belirlenmiştir ($\alpha=0.05$) (Çizelge 6).

Çizelge 6. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzeye yapışma direncine ait varyans analizi sonuçları (Results of variance analysis of wood type, heat treatment, varnish type and adhesion period of the aging period).

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Ortalama Kare | F Değeri | P, $\alpha=0.05$ |
|--------------------------|---------------------|-----------------|---------------|----------|------------------|
| Ağaç Türü (A) | 2 | 47.189 | 23.595 | 566.6743 | 0.0000* |
| Isıl işlem (B) | 2 | 1.131 | 0.566 | 13.5837 | 0.0000* |
| Etkileşim (AB) | 4 | 1.953 | 0.488 | 11.7287 | 0.0000* |
| Vernik Çeşidi (C) | 1 | 0.242 | 0.242 | 5.8086 | 0.0166* |
| Etkileşim (AC) | 2 | 2.266 | 1.133 | 27.2156 | 0.0000* |
| Etkileşim (BC) | 2 | 1.055 | 0.528 | 12.6695 | 0.0000* |
| Etkileşim (ABC) | 4 | 3.906 | 0.977 | 23.4534 | 0.0000* |
| Yaşlandırma Periyodu (D) | 3 | 3.466 | 1.155 | 27.7470 | 0.0000* |
| Etkileşim (AD) | 6 | 2.626 | 0.438 | 10.5113 | 0.0000* |
| Etkileşim (BD) | 6 | 2.142 | 0.357 | 8.5725 | 0.0000* |
| Etkileşim (ABD) | 12 | 8.544 | 0.712 | 17.0996 | 0.0000* |
| Etkileşim (CD) | 3 | 1.154 | 0.385 | 9.2364 | 0.0000* |
| Etkileşim (ACD) | 6 | 0.763 | 0.127 | 3.0554 | 0.0000* |
| Etkileşim (BCD) | 6 | 5.554 | 0.926 | 22.2330 | 0.0065* |
| Etkileşim (ABCD) | 12 | 6.655 | 0.555 | 13.3195 | 0.0000* |
| Hata | 288 | 11.992 | 0.042 | | |
| Toplam | 359 | 100.639 | | | |

*: Anlamlı ($\alpha = 0.05$ 'e göre)

Çizelge 7. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu değişkenleri için yüzeye yapışma direncine ait Duncan testi sonuçları (Duncan test results of surface adhesion resistance for wood type, heat treatment, varnish type and aging period variables).

| Faktör | | X | HG | LSD \pm | Faktör | | X | HG | LSD \pm |
|------------|-----------------|-------|----|-----------|----------------------|----------------|-------|----|-----------|
| Ağaç Türü | Sarıçam | 1.264 | C | 0.05207 | Vernik Çeşidi | Tek Bileşenli | 1.701 | A* | 0.04252 |
| | Kayın | 2.145 | A* | | | Çift Bileşenli | 1.649 | B | |
| | Meşe | 1.616 | B | | Yaşlandırma Periyodu | Kontrol | 1.583 | C | 0.06013 |
| Isıl İşlem | 190°C'de 2 Saat | 1.745 | A* | 144 Saat | | 1.828 | A* | | |
| | 212°C'de 1 Saat | 1.670 | B | 288 Saat | | 1.692 | B | | |
| | 212°C'de 2 Saat | 1.608 | C | 432 Saat | | 1.595 | C | | |

X: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri

Çizelge 7'ye göre ağaç türü düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek kayında, en düşük sarıçamda tespit edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde, yüzeye yapışma

direnci değeri en yüksek 190°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş örneklerde, en düşük 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş örneklerde elde edilmiştir.

Çizelge 8. Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri için Duncan testi sonuçları (Duncan test results for wood type - heat treatment - varnish type - adhesion value of surface adhesion to aging period quaternary interaction).

| Odun türü | Isıl işlem | Vernik çeşidi | Yaşlandırma periyodu | | | | | |
|---|-----------------|----------------|----------------------|-------|-----------|----------|-------|-----------|
| | | | Kontrol (0 saat) | | | 144 saat | | |
| | | | X | S | HG | X | S | HG |
| Sarıçam | TW ₁ | Tek bileşenli | 1.222 | 0.055 | []^_` | 1.677 | 0.137 | PQRSTUW |
| | | Çift bileşenli | 1.161 | 0.141 |]^_`a | 0.873 | 0.052 | bc |
| | TW ₂ | Tek bileşenli | 1.178 | 0.082 |]^_`a | 1.700 | 0.092 | NOPQRSTUW |
| | | Çift bileşenli | 1.094 | 0.081 | ^_`ab | 1.461 | 0.094 | UVWXYZ[\ |
| | TW ₃ | Tek bileşenli | 0.960 | 0.108 | abc | 1.253 | 0.222 | Z[^_` |
| | | Çift bileşenli | 0.980 | 0.110 | `abc | 1.099 | 0.081 | ^_`ab |
| Kayın | TW ₁ | Tek bileşenli | 2.437 | 0.319 | CDE | 2.450 | 0.330 | CDE |
| | | Çift bileşenli | 2.208 | 0.194 | EFGH | 2.624 | 0.243 | ABC |
| | TW ₂ | Tek bileşenli | 1.821 | 0.148 | KLMNOPQ | 2.715 | 0.583 | AB |
| | | Çift bileşenli | 2.601 | 0.254 | ABC | 2.199 | 0.214 | EFGHI |
| | TW ₃ | Tek bileşenli | 1.941 | 0.265 | JKLMNO | 2.531 | 0.407 | BCD |
| | | Çift bileşenli | 1.752 | 0.178 | LMNOPQRS | 1.960 | 0.223 | HIJKLM |
| Meşe | TW ₁ | Tek bileşenli | 1.674 | 0.072 | PQRSTUW | 1.688 | 0.148 | OPQRSTUW |
| | | Çift bileşenli | 1.825 | 0.150 | KLMNOPQ | 2.052 | 0.267 | GHIJK |
| | TW ₂ | Tek bileşenli | 1.148 | 0.106 |]^_`a | 1.457 | 0.127 | UVWXYZ[\ |
| | | Çift bileşenli | 1.722 | 0.157 | MNOPQRST | 1.940 | 0.194 | JKLMNO |
| | TW ₃ | Tek bileşenli | 1.273 | 0.240 | YZ[^_` | 1.767 | 0.162 | LMNOPQR |
| | | Çift bileşenli | 1.504 | 0.054 | STUVWXYZ | 1.464 | 0.063 | UVWXYZ[|
| Odun türü | Isıl işlem | Vernik çeşidi | Yaşlandırma periyodu | | | | | |
| | | | 288 saat | | | 432 saat | | |
| | | | X | S | HG | X | S | HG |
| Sarıçam | TW ₁ | Tek bileşenli | 1.035 | 0.095 | _`ab | 1.979 | 0.216 | HIJKL |
| | | Çift bileşenli | 1.208 | 0.213 |]^_`a | 1.604 | 0.191 | PQRSTUWV |
| | TW ₂ | Tek bileşenli | 2.146 | 0.307 | FGHIJ | 1.479 | 0.093 | TUVWXYZ |
| | | Çift bileşenli | 1.064 | 0.086 | _`ab | 0.761 | 0.095 | c |
| | TW ₃ | Tek bileşenli | 0.879 | 0.055 | bc | 0.953 | 0.078 | abc |
| | | Çift bileşenli | 1.448 | 0.073 | VWXYZ[\ | 1.110 | 0.122 | ^_`ab |
| Kayın | TW ₁ | Tek bileşenli | 2.852 | 0.444 | A* | 2.164 | 0.167 | FGHIJ |
| | | Çift bileşenli | 1.950 | 0.157 | IJKLMN | 1.509 | 0.073 | STUVWXY |
| | TW ₂ | Tek bileşenli | 1.709 | 0.292 | MNOPQRSTU | 2.249 | 0.201 | EFG |
| | | Çift bileşenli | 1.662 | 0.171 | PQRSTUW | 1.690 | 0.124 | OPQRSTUW |
| | TW ₃ | Tek bileşenli | 1.692 | 0.167 | OPQRSTUW | 1.782 | 0.130 | LMNOPQR |
| | | Çift bileşenli | 2.316 | 0.376 | DEF | 2.655 | 0.447 | ABC |
| Meşe | TW ₁ | Tek bileşenli | 1.371 | 0.222 | WXYZ[\] | 0.973 | 0.157 | `abc |
| | | Çift bileşenli | 1.739 | 0.081 | LMNOPQRS | 1.614 | 0.136 | PQRSTUWV |
| | TW ₂ | Tek bileşenli | 1.852 | 0.208 | KLMNOP | 1.529 | 0.100 | RSTUVWX |
| | | Çift bileşenli | 1.589 | 0.084 | QRSTUWV | 1.323 | 0.387 | XYZ[^_` |
| | TW ₃ | Tek bileşenli | 2.124 | 0.083 | FGHIJ | 1.559 | 0.100 | RSTUVWX |
| | | Çift bileşenli | 1.815 | 0.114 | KLMNOPQ | 1.780 | 0.099 | LMNOPQR |
| LSD + 0.2551 | | | | | | | | |
| X: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, S: Standart sapma, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, TW ₁ : 190°C'de 2 saat, TW ₂ : 212°C'de 1 saat, TW ₃ : 212°C'de 2 saat | | | | | | | | |

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek tek bileşenli vernikte, en düşük çift bileşenli vernikte elde edilmiştir. Yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek 144 saatlik UV yaşlandırmaya maruz kalmış örneklerinde, en düşük 432 saatlik UV yaşlandırmaya maruz kalmış örneklerinde ve kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

Çizelge 8'e göre ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde, yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek, 190°C'de 2 saat süre ile ısı işlem görmüş ve tek bileşenli vernik ile

verniklelenmiş kayının 288 saatlik UV yaşlandırma yapılan örneklerde, en düşük 212°C'de 1 saat süre ile ısı işlem görmüş ve çift bileşenli vernik ile verniklelenmiş sarıçamın 432 saatlik UV yaşlandırma yapılan örneklerinde elde edilmiştir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Araştırma sonuçlarına göre, ağaç türü düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek kayında, en düşük sarıçamda tespit edilmiştir. Buna göre, denemelerde kullanılan verniklerde en iyi yapışma direnci ince

tekstürlü kayın malzeme yüzeylerinde elde edilirken, anatomik yapısındaki ekstraktiflerin de etkisiyle en düşük yapışma direnci değerinin sarıçamda elde edildiği söylenebilir.

Sönmez ve Budakçı [18]; Budakçı ve Sönmez [19] vernikli yüzeylerde en yüksek yüzeye yapışma direncinin kayın kontrol örneklerinde elde edildiği, bunun kayın ağacının dağınık küçük traheli olan yapısının spesifik adezyonu artırıcı etkiden kaynaklanmış olabileceği şekilden açıklanmıştır.

Isıl işlem düzeyinde, yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek 190°C'de 2 saatte, en düşük 212°C'de 2 saatte elde edilmiştir. Bu durumda, ısıl işlem uygulamasında sıcaklık arttıkça ve süre uzadıkça yüzeye yapışma direnci değerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Kaçamer [20] tarafından yapılan çalışmada, iyi bir yapışma direnci değeri için 120°C'lik sıcaklığın 170°C'ye göre daha uygun olduğu, sıcaklık arttıkça yüzey deformasyonu artacağından yapışmanın bundan olumsuz etkilenebileceğini bildirilmiştir.

Vernik çeşidi düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek tek bileşenli vernikte, en düşük çift bileşenli vernikte elde edilmiştir. Tek bileşenli vernik katmanı ile ağaç malzeme arakesitinde kurulan moleküler bağların (mekanik bağ, spesifik bağ, kimyasal bağ) iki bileşenli vernik katmanına göre daha güçlü oluşunun bu verniğin yüzeye yapışma değerinin daha yüksek çıkmasında etkili olduğu söylenebilir.

Yakın [21]; Sönmez ve Budakçı [22] tarafından yapılan çalışmalarda, su bazlı vernik katmanlarının mekanik etkilere dayanıksız olduğu, sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma direncinin düşük olduğu bildirilmiştir.

Sönmez ve Budakçı [18] tarafından yapılan çalışmada, sentetik esaslı vernik/boyada yüzeye yapışma direncinin düşük çıkmasının, üretiminde kullanılan yağ bileşikli reçinelerin ve renk pigmentlerinin adezyonu azaltıcı etkisinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada değişik ağaç malzeme yüzeylerine vernikleme işleminden önce uygulanan tahta koruyucunun (pinotex), sentetik boya ve yat verniklerinin yüzeye yapışma direncini olumsuz yönde etkilediğini, bu durumun, tahta koruyucunun bileşimindeki yağ tarafından ağaç malzeme doygun hale getirildiği için vernik katmanlarının yapışma direncinin azalması olmasından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir.

Nichols ve Gerlock [23] tarafından yapılan çalışmada, melamin reçine ve akrilik kopolimerin kullanıldığı polimerik kaplama malzemelerine uygulanan UV yaşlandırma işleminde oluşan yüksek sıcaklık etkisiyle çapraz bağların birbirine yaklaştığını bildirmişlerdir.

Yaşlandırma periyodu düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek 144 saatlik UV yaşlandırma örneklerinde, en düşük 432 saatlik UV yaşlandırma ve kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. 144 saatlik ve 288 saatlik UV yaşlandırma uygulamaları arasında %95 güven aralığı düzeyinde istatistiksel olarak bir farklılık gözlemlenmiş, kontrol (yaşlandırma öncesi) ve 432

saatlik UV yaşlandırma uygulamalarında arasındaki fark %95 güven aralığı düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Yaşlandırma işleminde uygulanan UV etkisiyle periyodun ilk aşamalarında yüzeye yapışma direnci değerinde artış, ilerleyen aşamalarında ise azalma olduğu sonucuna varılmıştır.

Bilgen [24] yaptığı çalışmada, değişik harici etkenlere maruz bırakıldığında, en yüksek yapışma direnci değerini Hicson Decor kontrol gurubu örneklerinde, en düşük Cam Cila örneklerinde elde ettiğini; sonuçlar üzerinde sıcaklık, nem, güneş ışığının değişik dalga boyları ve UV radyasyonunun etkili olduğunu ve bunların etki düzeylerinin günün farklı saatleri ile mevsimsel değişikliklere göre farklılaşabileceğini, etkilerinin vernik katmanında genleşmeye sebep olacağı, bu yüzden vernik katmanı ile örnek yüzeyi arasındaki adezyonu azaltarak yapışma direncinde azalmaya sebep olabileceğini bildirmiştir.

Bilgen [24] bir başka çalışmada, 12 ay süre dış hava şartlarında bekletilen örneklerde yağmur sularının yüzeyde kuruyuncaya kadar beklemesi ve güneş ışınlarının örnek yüzeyinden dik açı ile yansması ve halinde, yüzeydeki suyun mercek görevi görerek örnek yüzeyinde ısınmaya yol açtığını, bu yüzeysel ısınmanın sonucu olarak vernik molekülleri ile örnek yüzeyi arasında kurulan bağların zayıfladığını bu yüzden yüzeye yapışma direncinin azaldığını belirtmiştir.

Çakıcıer [25] deneysel çalışmalarda kullanılan örneklerin sıcaklıkları yükseltildiğinde; sıcaklığın oluşacak her çeşit kimyasal işlemi aynı derecede etkilemeyeceğini, aktivasyon enerjisinin polimerlerin termal tahribatının ilk aşaması olduğunu, sıcaklık artırıldığında ise termal tahribatın oksidasyon ve hidroliz reaksiyonları ile aynı paralelde devam ettiğini belirtmiştir. Vernik moleküllerinin aldıkları enerjiyle molekül bağları koptuğunda ise artık dönüşümsüz şekilde değiştirildiğini bildirmiştir.

Çakıcıer [25] ve Feller [26] yaptıkları çalışmalarda, sıcaklığın özellikle ortamda rutubet olması halinde daha etkili olduğunu, sıcaklık etkisiyle oluşan tahribatın termoliz, termolitik ya da pirolitik tahribat olarak tanımlandığını, bu reaksiyon şartlarında oksijenin işlem dışı tutulduğunu, termal tahribattan söz ederken bu tür reaksiyonlardan daha çok termal-oksidatif tahribatın akla geldiğini, diğer taraftan reaksiyonlara etkisinde birbirleriyle bağ kurarak sertleşmeye başlayan polimerlerde sıcaklığın 32°C'de sabit tutulması halinde bile önemli bir bağ kopmasının gözleneceğini belirtmişlerdir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma "Isıl işlem görmüş (ThermoWood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su-bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direncinin belirlenmesi" başlıklı doktora tezinden üretilmiş ve Düzce Üniversitesi BAP-2012.02.HD.078 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Jaémsaé S., Ahola P., Vitaniem P., “Long-term natural weathering of coated ThermoWood”, *Pigment & Resin Technology*, 29(2): 68-74, (2000).
- [2] Miklečić J., Jirouš-Rajković V., Antonović A, and Španić N., “Discolouration of thermally modified wood during simulated indoor sunlight exposure, thermal wood colour & sunlight”, *BioResources*, 6(1): 434-446, (2011).
- [3] Örs Y., Keskin H., “Ağaç malzeme teknolojisi, Ders Kitabı”, Gazi Üniversitesi Yayın No: 2000/352, *Gazi Yayıncılık*, Ankara, (2008).
- [4] TS 1476, “Odunda fiziksel ve mekanik özelliklerin tayini için homojen meşçerelerden numune ağacı ve laboratuvar numunesi alınması”, T.S.E., Ankara, (1984).
- [5] TS 642 ISO 554, Kondisyonlama ve /veya deney için standart atmosferler - özellikler, T.S.E., Ankara, (1997).
- [6] Anonymous, “ThermoWood Handbook”, *Finnish ThermoWood Association*, Helsinki-Finland, (2003).
- [7] Ayata Ü., “Isıl işlem görmüş (ThermoWood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su-bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direncinin belirlenmesi”, *Doktora Tezi*, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, (2014).
- [8] ASTM G 154-06, “Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials”, American Society for Testing and Materials, USA, 2-8, (2006).
- [9] ASTM D 1644-01, “Standard test methods for nonvolatile content of varnishes”, American Society for Testing and Materials”, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, (2006).
- [10] TS 5723, “Ahşap koruma-emprenye maddesi nüfuz derinliğinin tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1988).
- [11] Atar M., Keskin H., Yavuzcan H.G., “Varnish layer hardness of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) wood As affected by impregnation and color bleaching”, *Journal of Coatings Technology (JCT)*, 1/3: 219-225, (2004).
- [12] Bozkurt Y., Göker Y., Erdin N., “Emprenye Tekniği”, *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 3779 (425): 125 ve 429, (1993).
- [13] ASTM D 6132, “Standard test method for nondestructive measurement of dry film thickness of applied organic coatings using an ultrasonic gage”, American Society for Testing and Materials, (2008).
- [14] ASTM D 4541, “Standard Test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers”, American Society for Testing and Materials, 12-15, (1995).
- [15] Budakçı M., “Pnömatik adezyon deney cihazı tasarımı ve üretimi (Doktora tezinden üretilmiştir)”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi*, 9(1):53-58, (2006).
- [16] Budakçı M., “Pnömatik adezyon deney cihazı tasarımı, üretimi ve ahşap verniklerinde denenmesi”, *Doktora Tezi*, G.Ü., Ankara, (2003).
- [17] Taşcıoğlu C., Budakçı M., “Adhesion properties of woods treated with copper based wood preservative chemicals”, *Wood Research*, 54(3): 23-32, (2009).
- [18] Sönmez A., Budakçı M., “Tahta koruyucunun dış cephe verniklerinin yapışma direncine etkisi”, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Ankara, 14(2): 305-314, (2001).
- [19] Budakçı M., and Sönmez A., “Determining adhesion strength of some wood varnishes on different wood surfaces”, *Gazi Müh. ve Mimarlık Fak. Dergisi*, 25(1): 111-118, (2010).
- [20] Kaçamer S., “İmersol aqua ve tanalith-e ile emprenye edilmiş ısıtılmış ağaç malzemelerin yapışma ve yanma dirençlerinin belirlenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, Karabük, (2010).
- [21] Yakın M., “Su bazlı verniklerde sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma mukavemetinin tespiti”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Ankara, (2001).
- [22] Sönmez A., ve Budakçı M., “Ağaç işlerinde üst yüzey işlemleri II, koruyucu katman ve boya / vernik sistemleri”, *Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, 85-90, (2004).
- [23] Nichols M.E., Gerlock J.L., “Rates of photooxidation induced crosslinking and chain scission in thermoset polymer coatings II. effect of hals and UV light absorber additives”, *Polymer Degradation and Stability*, 69: 197-207, (2000).
- [24] Bilgen S., “Dış ortam şartlarının verniklenmiş ardıc odununun bazı fiziksel özelliklerine etkisi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, Karabük, (2010).
- [25] Çakıcıer N., “Ağaç malzeme yüzey işlemi katmanlarında yaşlanma sonucu belirlenen değişiklikler”, *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, (2007).
- [26] Feller R.L., “Accelerated aging, photochemical and thermal aspects”, *Printed in the United States of America*, (1994).