

## Odun Yüzeylerinin Bazı Yeni Nesil Emprenye Maddeleri ve Üst Yüzey İşlemleri ile Açık Hava Etkilerine Karşı Korunması

Özlem ÖZGENÇ<sup>1</sup>, Ümit Cafer YILDIZ<sup>2</sup>, Sibel YILDIZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi Of Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

### Eser Bilgisi:

Araştırma makalesi

Sorumlu yazar: Özlem ÖZGENÇ, e-mail:[ozlem\\_ozgenc@hotmail.com](mailto:ozlem_ozgenc@hotmail.com)

### ÖZET

Çevre dostu yeni nesil odun koruma maddeleri ile üst yüzey işlem maddelerinin açık hava koşullarına karşı dayanımının araştırıldığı bu çalışmada; Celcure AC 500 (Alkaline Bakır Kuart) ve MCQ (Mikronize Bakır Kuart) odun koruma kimyasalları ile poliüretan esaslı ve UV absorbe edici içeren akrilik reçine esaslı üst yüzey işlem maddeleri kullanılmıştır. Değişik kombinasyonlar halinde hazırlanan söz konusu kimyasalların, farklı türlerdeki odun örnekleri üzerine muamelesinden sonra örnekler, QUV kabininde 18 dakika sprey ve 2 saat ultraviyole (UV) döngüsünde, 500 saat süreyle hızlandırılmış açık hava koşulları testine maruz bırakılmıştır. Çalışmada, odun koruma maddeleri ile muamele edildikten sonra üst yüzey maddesi uygulanan odun örneklerinin renk değişim ve yüzey pürüzlülük parametreleri karşılaştırılmıştır. En düşük renk değişim değeri ( $\Delta E^*$ ), MCQ ile emprenye edildikten sonra UV absorbe edici içeren akrilik reçine esaslı üst yüzey maddesi uygulanan odun örneği yüzeyinde tespit edilmiştir. Odun örneklerine üst yüzey işlemi uygulamasının, açık hava koşulları karşı yüzey kalitesini ve pürüzlülük değerini önemli ölçüde korurken en iyi kalitede korumanın poliüretan esaslı üst yüzey maddesi uygulanan örneklerde olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Hızlandırılmış açık hava koşulları testi, renk değişimi, yüzey pürüzlülüğü, üst yüzey, odun koruma

## The Wood Surface Protection with Some New Generation Wood Preservatives and Coating Processings Against Weathering Conditions

### Article Info:

Research article

Corresponding author: Özlem ÖZGENÇ, e-mail:[ozlem\\_ozgenc@hotmail.com](mailto:ozlem_ozgenc@hotmail.com)

### ABSTRACT

In this study, which examines the endurance of environmentally-friendly new generation wood preservation materials and coating processing materials against conditions in the external environment, Celcure AC 500 (Alkaline Copper Quaternary) and MCQ (Micronized Copper Quaternary) wood preservation chemicals and polyurethane based and UV absorbing acrylic resin based coating processing materials were used. After the treatment of aforesaid chemicals prepared in various combinations on different types of wood samples, the samples were exposed to an accelerated weathering test for a duration of 500 hours in a QUV cabin for 18 minutes and a two-hour ultraviolet (UV) cycle. In the study, the color change and surface roughness parameters of wood samples to which coating materials were applied upon being processed with wood preservation materials were compared. The lowest color change value ( $\Delta E^*$ ) was found on the surface of the wood sample to which UV absorbing acrylic resin based coating processing materials were applied after being treated with MCQ. It was observed that the application of coating on wood samples protected the surface quality and roughness value at a considerable level while the best quality protection was seen on samples to which polyurethane based coating material was applied.

**Keywords:** Accelerated weathering test, color change, surface roughness, Coating, Wood preservation

## GİRİŞ

Ahşap üstün yapısal özellikleri ile uzun zamandır kullanılan çok yönlü, doğal ve estetik bir mühendislik malzemesidir. Diğer yandan açık hava koşulları ve çevresel bozunmaya karşı hassasiyeti olan bir materyaldir. Literatür de “Weathering” olarak tanımlanan çevresel; degradasyon nem, güneş ışığı, sıcak/soğuk, kimyasallar, rüzgâr etkisiyle aşınma ve biyolojik etkenlerin birleşimini kapsamaktadır (Williams 2005; Feist 1989). Düzgün yüzeyli ahşap malzeme açık hava koşulları maruz kaldığında, lignin degradasyonu nedeni ile yüzey pürüzlülüğü artmakta ve yüzeyde ince ya da derin çatlaklar oluşmakta, yağmur suyu ile yıkanma ve fotodegradasyon yolu ile renk değişimi ortaya çıkmaktadır (Feist 1989). Fotodegradasyonda hücre çeperi bileşenleri içerisinde en çok etkilenen lignin olmakta, bu sırada UV etkisiyle serbest radikaller oluşmakta ve yüzeyde kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir (Temiz 2005; Atılğan ve ark. 2011).

Ahşap materyalin açık hava degradasyonu korunması için uygulanan birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden biri; krom, demir ve bakır gibi suda çözünen tuzlarla emprenye işlemidir. Zhang ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, bakır etanol amin ile emprenye edilen odunun hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrasındaki yüzey karakteristik özelliklerindeki değişim büyük oranda engellenmiştir. Odunun CCA (Bakır Krom Arsenik) ve ACQ (Amonyum Bakır Kuat) ile emprenye edilmesi açık hava koşullarında yüksek renk stabilizasyonu sağlamaktadır. Lignifikasyon ve karbonil grubu oluşumunu önlemesi nedeniyle ACQ (Amonyum Bakır Quat) ile emrenye işlemi odun yüzeyindeki fotodegradasyonu yavaşlatmaktadır (Temiz 2005). CCB (Bakır Krom Bor) ile emprenye işlemi odunun yüzeyinde fenolik lignin ile

kromun benzer komplekslerini üreten bazı kimyasal modifikasyonlara sebep olmakta, bu kimyasal modifikasyonlar odun yüzeyine, açık hava şartlarında yüksek renk stabilitesi kazandırmaktadır (Yalınkılıç 1999). Kimyasal modifikasyon da, odun yüzeyini açık hava koşullarına karşı korumak için önemli bir alternatiftir. Aromatik asit klorit ve benzol klorit ile muamele, asetillendirme ve esterifikasyon gibi kimyasal modifikasyon işlemleri ligninin fotodegradasyonunu önlemek için oldukça etkili olmaktadır (Evans ve ark. 2002; Jebrane ve ark. 2009). Temiz ve ark. (2007) çalışmalarında, odun yüzeylerinin keten tohumu ve tall yağı ile modifikasyonunun fotodegradasyon sonucu oluşan renk değişimini ve yağmur suyu ile ligninin yıkanmasını azalttığını tespit etmişlerdir. Isıl muamele ile modifiye edilen odun yüzeyi fotodegradasyona karşı direnç kazanmaktadır. Isıl işlem açık hava koşulları maruz kalan odun yüzeyinde ligninin fotodegradasyonunu önleyerek renk stabilizasyonu sağlamaktadır (Ayadi ve ark. 2003; Yıldız ve ark. 2011).

Ahşap malzeme yüzeyinin UV etkisine karşı korunmasında kullanılan bir başka yöntem ise yüzey işlemleriyle (boyalar, vernikler, cilalar, su itici maddeler vb.) UV ışığının ve suyun odun yüzeyiyle temasının kesilmesidir. Günümüzde açık hava koşullarında ahşap malzemeye uygulanan farklı üst yüzey ürünleri piyasaya sunulmuş ve bu ürünler üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Özgenç ve ark. 2011). Odun yüzeyine uygulanan poliüretan ve polyester tip verniklerde, açık hava koşullarına maruz kaldığında sarıya yönelik bir renk değişimi olurken yüzey fotodegradasyonu önemli ölçüde önlenmektedir. Ayrıca poliüretan ve polyester tip verniklere UV absorbe edici madde eklendiğinde renk stabilizasyonu da önemli miktarda sağlanmaktadır (Decker ve ark. 2004). Evans ve Chowdhury (2010), çeşitli kimyasallar ile modifiye ettikleri ahşap kaplama yüzeylerine uyguladıkları

farklı üst yüzey maddeleri arasında UV absorbe edici içeren polyester tip verniklerden fotodegradasyona karşı en yüksek direnci tespit etmişlerdir.

Günümüzde insan ve çevre sağlığına zarar veren ürünlere alternatif olarak zararsız ürün geliştirme çabaları önem kazanmakta bu önem arttıkça da çoğu ülke tarafından yeni koruyucu sistemler ve standartlar geliştirilmektedir. Bununla ilgili olarak, ahşap materyal yüzeyini fotodegradasyona karşı korumada, akrilik reçineden elde edilen vernikler ve sanayi sektöründe araba boyalarında kullanılan UV absorbe edici maddeler üzerine yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalara göre akrilik reçine içerisine ilave edilen organik ya da inorganik UV absorbe edici maddeler ile fotodegradasyona karşı yüzeyde yüksek koruma oluşturulmaktadır (Aloui ve ark. 2007; Custódio ve Eusébio 2006; Deka ve ark. 2008; George ve ark. 2005). Yüzeyde renk stabilizasyonu sağlanırken odun yüzeyi yıkanmadan korunarak lignifikasyon da önlenmektedir. Eski nesil üst yüzey işlemlerine kıyasla UV absorbe edici madde içeren akrilik reçine açık hava koşullarına karşı daha uzun süreli koruma sağlamaktadır (Forsthuber ve Grüll 2010). Özgenç ve ark (2012) yaptıkları çalışmada, yeni nesil bakır içerikli maddeler ile emprenye edilen odun yüzeylerine UV absorbe edici madde içeren akrilik reçine uygulayarak açık hava koşullarına karşı yüzey direncini arttırmışlardır.

Bu çalışmada; sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), doğu kayını (*Fagus sylvatica L.*) ve doğu ladini (*Picea orientalis L.*) odunu örnek yüzeylerinin açık hava koşulları karşı korunması amacıyla yeni nesil bakır içeren emprenye maddeleri ve UV absorbe edici madde içeren akrilik reçine ile poliüretan vernik sistemi uygulamaları birbirleriyle mukayeseli olarak test edilmiş, ve açık hava koşullarına karşı en optimum koruma yöntemi tespit edilmeye çalışılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Ahşap Materyal Örneklerinin Hazırlanması

Hızlandırılmış açık hava koşulları testi için, sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), doğu kayını (*Fagus sylvatica L.*) ve doğu ladini (*Picea orientalis L.*) diri odunlarından 105mm (lif yönü) x75 mm (teğet) x 2mm (radyal) boyutlarında kesilen örnekler; 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem ortamında bir hafta süre ile klimatize edilmiştir.

### Kullanılan Emprenye Maddeleri

#### *Alkaline Bakır Kuat (Celcure AC500)*

Osmose şirketinin ürünü olup yapısında genel olarak, % 16.63 oranında bakır karbonat hidroksit, % 4.8 benzalkonium klorit ve %5.0 oranında borik asit bulunmaktadır.

#### *Mikronize Bakır Kuat (MCQ)*

Osmose şirketi tarafından, Celcure AC500 maddesinin geliştirilmesiyle elde edilen yeni bir teknolojidir. MICROPRO, pazarda bulunan klasik organik bakır içerikli ürünlerde olduğu gibi bakırın çözünmesini sağlamak için organik kimyasallar kullanmayan, tam tersine kullandığı yeni teknoloji sayesinde mikronize boyutlardaki bakır bileşiği partikülleri 1000 nm'den daha küçük boyutlarda olup diğer bakır bileşenlerine oranla sıvı halde odun içerisinde %90 daha derine nüfuz etmesini sağlayan bir üründür.

### Emprenye Yöntemi

Emprenye işlemi Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Odun koruma laboratuvarındaki pilot tesiste gerçekleştirilmiştir. Diri odun örnekleri, saf su ile seyreltilerek hazırlanan % 1 oranındaki MCQ ve Celcure AC500

çözeltileri ile dolu hücre yöntemine göre muamele edilmiştir. İşlem sırasında, sarıçam ve kayın odun örneklerine 15 dakika 600 mmHg ön vakum uygulandıktan sonra emprenye maddesi kazana alınarak 30 dakika süre ile 7 bar'lık bir basınç uygulanmıştır. Güç emprenye edilen bir tür olan ladin odunu örneklerine ise 20 dakika 600 mmHg ön vakum uygulandıktan sonra emprenye maddesi kazan alınarak 45 dakika süre ile 7 bar kadar basınç uygulanmıştır (AWPA U1-09 2009). Örneklerin emprenye öncesi tartımları yapılarak ( $M_{c0}$ ) kaydedilmiş olup, emprenye sonrası örnekler üzerinde kalan fazla çözelti yavaşça silinerek tekrar tartımları yapılmış ve  $M_{cs}$  olarak kaydedilmiştir. Retensiyon miktarları aşağıdaki belirtilen (1) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Ardından örnekler, 20 °C ve %65 bağıl nemdeki iklimlendirme dolabında 1 hafta bekletilerek kondüsyonlanmıştır.

$$Ret (kg/m^3) = [(G.C)/V].10 (1)$$

Eşitlikte;

G:  $M_{cs}-M_{c0}$  (Emprenye sonrası ağırlık – Emprenye öncesi ağırlık) (g)

C: Çözelti konsantrasyonu (%)

V: Numune hacmini ( $cm^3$ ) ifade etmektedir.

### Üst Yüzey Maddesi ve Yöntemi

**Induline SW 900:** Remmers şirketi tarafından üretilen % 1,2 propikazol, % 0,3 jodpropinil-butylkarbomat ve hibrit reçineleri içeren su bazlı, emprenye ve ahşap sertleştiricisidir. Induline SW-900 alt

katmana (ahşap) mükemmel nüfuz etmektedir. Yarı şeffaf boya işlemlerinde lekelenmeyi önlemekte ve ahşap liflerini dikey konuma getirerek sertleştirmektedir. Böylelikle liflerin ilk zımparada tamamen alınmasına olanak sağlamaktadır. Su bazlı boya sistemlerinde istenmeyen lekelenmeleri önlemekte ve homojen yüzey oluşturmada olduğu için yaygın olarak üst yüzey uygulamalarında astar katman olarak uygulanmaktadır.

**UCOAT UX-310:** Sanyo kimyasal firması tarafından üretilen poliüretan: N-Methyl-2-pyrrolidane (NMP) esaslı olup, elastik ve oldukça esnek bir film oluşturmaktadır. Naylon ve metaller gibi materyallerin yapılandırılmasında kullanılmaktadır.

**Akrilik Reçine İçeren Hombitec 402 WP:** Micronised  $TiO_2$  esaslı inorganik UV absorbe edici olarak Sachtleben şirketinden Hombitec 402 WP temin edilerek ticari akrilik reçine ile karıştırıldıktan sonra üst yüzey karışımı hazırlanmıştır.

Hızlandırılmış açık hava koşulları testi için hazırlanan örnekler emprenye edildikten sonra yan ve önyüzlerine astar katman olarak Induline SW 900 uygulanmıştır. Astar katmanın ardından hazırlanan üst yüzey maddesi, 2 kat fırça kullanılarak el ile uygulanmıştır. Daha sonra 240 numara zımpara kâğıdı kullanarak el ile örnekler hafifçe zımparalandıktan sonra son kat üst yüzey maddesi uygulanmıştır. Her kat uygulaması arasında 24 saatlik kuruma süresi olmuştur. Tablo 1'de hazırlanan varyasyon çeşitleri ve örnek kodları açıklanmıştır.

**Tablo 1.** Hızlandırılmış açık hava koşulları testi için hazırlanan varyasyon çeşitleri.

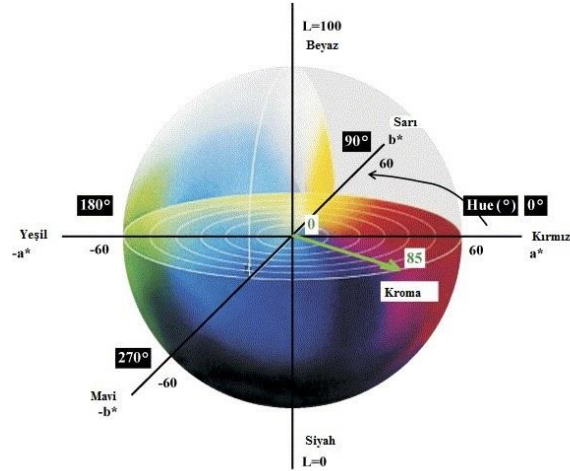
| Kayın (K) - Ladin (L)-Sarıçam (S) için hazırlanan varyasyon çeşitleri | Uygulanan İşlemler                                    |
|---|---|
| Varyasyon (K1,L1,S1)  | Kontrol Grubu   |
| Varyasyon (K2,L2,S2)  | Celcure AC 500+ UCOAT UX-310                          |
| Varyasyon (K3,L3,S3)  | Celcure AC 500+ Akrilik Reçine İçeren Hombitec 402 WP |
| Varyasyon (K4,L4,S4)  | MCQ+ UCOAT UX-310                                     |
| Varyasyon (K5,L5,S5)  | MCQ+Akrilik Reçine İçeren Hombitec 402 WP             |

QUV (Hızlandırılmış Açık Hava Koşulları) Testi

Hızlandırılmış açık hava koşulları testi; test ve kontrol örnekleri üzerine 2 saat UV ışığı tatbik etme ve bunu takiben de 18 dakika su püskürtme yoluyla açık hava koşullarını, laboratuvar koşullarına benzetmek suretiyle QUV cihazında gerçekleştirilmiştir (ASTM G 53-96). Test cihazında ortalama UV ışık şiddeti 340 nm olup sıcaklık 45 °C olarak ayarlanmıştır. Her bir varyasyon için 4 adet test ve kontrol grubu seçilmiş olup örneklerin 6., 12., 24., 48., 168., 336. ve 500. saatlerdeki renk değişimleri belirlenmiştir.

## Renk Ölçüm Analizi

Konica Minolta CD-600 marka renk ölçüm cihazı ile hazırlanan test ve kontrol örneklerinin hızlandırılmış açık hava koşulları testi öncesindeki renk ölçüm analizleri ISO 7724 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Hızlandırılmış açık hava koşulları testi için hazırlanan örneklerde 6 farklı noktadan renk ölçümü yapılarak ortalamaları alınmıştır. CIELab (Commission International de l'Eclairage) sistemi üç parametreden oluşmaktadır: L\*: Işık stabilitesi, a\* ve b\* kromotografik koordinatları, (+a\* kırmızı için, -a\* yeşil için, +b\* sarı için, -b\* mavi için kullanılmaktadır).



**Şekil 1.** CIELab (Commission International de l'Eclairage) sistemi parametreleri.

L\*, a\* ve b\* değerleri, farklı sürelerde açık hava testine tutulan örneklerde belirlenerek meydana gelen renk değişiklikleri ( $\Delta E^*$ ) aşağıdaki formül 2'ye göre belirlenmektedir:

f: Deney sonrası i: Deney öncesi

$$\Delta L^* = L_f^* - L_i^*, \Delta a^* = a_f^* - a_i^*, \Delta b^* = b_f^* - b_i^*$$

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

## Yüzey pürüzlülüğü

Hazırlanan kontrol ve test örneklerin yüzey pürüzlülüğü değerleri DIN 4768

standartlarına göre yürütülmüştür. Hızlandırılmış açık hava koşulları testi öncesi ve sonrasında örneklerin yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ölçülmesinde Mitutoyo Surfes SJ-301 cihazı kullanılmıştır. Odun örneklerinin her birinin yüzeyinden 6 farklı noktadan  $R_a$  ve  $R_z$  pürüzlülük değerleri ölçülerek ortalamaları hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde, çapı 10 $\mu$ m olan 90° açılı elmas uçlu bir tarama detektörü kullanılmış ve kesme uzunluğu  $\lambda_c = 2,5$  mm, örnekleme uzunluğu 12,5 mm olarak ayarlanmıştır. Ölçümler 0,5 mm/sn hızla liflere dik doğrultuda gerçekleştirilmiştir.

## BULGULAR

### Renk Değişimi

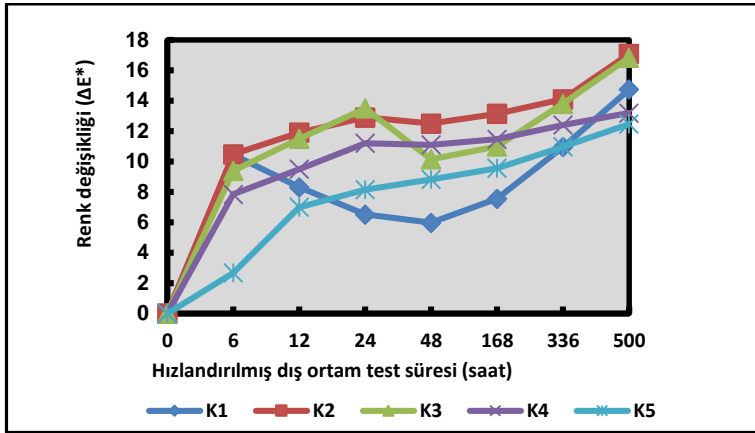
Tablo 2’de görüldüğü üzere MCQ maddesi ( $2.5 \text{ kg/m}^3$ ) ve Celcure AC 500 ( $2.1 \text{ kg/m}^3$ ) ile muamele edilmiş doğu ladini test örneklerinin retensiyon miktarı çok düşük olmasına rağmen, ladin test örneklerinin diğer türlere kıyasla renk değişim değeri doğu kayını ve sarıçam odunu değerlerine yakın bulunmuştur.

Doğu kayını (*Fagus orientalis L.*) test ve kontrol örneklerinin 500 sa hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrasındaki renk

değişim diyagramı Şekil 2’de gösterilmektedir. Test ve kontrol örneklerinin 500 saat hızlandırılmış açık hava koşulları testi uygulandıktan sonraki en düşük renk değişim değerleri K4 ve K5 örneklerinden elde edilmiştir. En yüksek renk değişiminin ise K2 ve K3 örneklerinde olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 2.** Emprenye sonrasında elde edilen retensiyon miktarları.

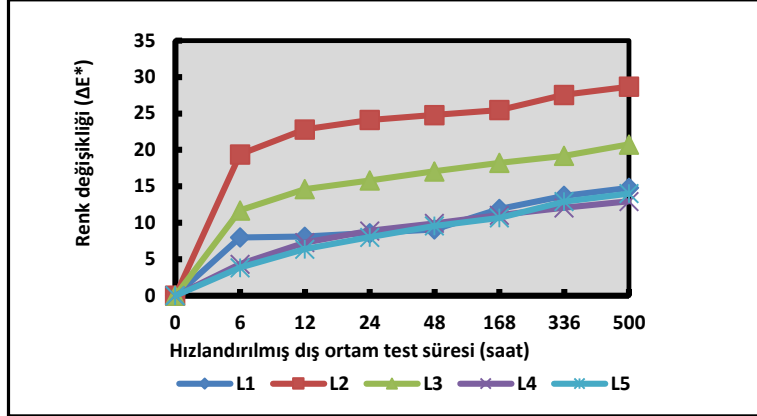
| Emprenye Maddesi | Retensiyon Miktarı ( $\text{kg/m}^3$ ) |           |          |
|------------------|--|-----------|----------|
|                  | Kayın                                  | Ladin     | Sarıçam  |
| Celcure AC 500   | 4.1(0.8)                               | 2.1 (0.7) | 4.1(1.0) |
| MCQ              | 5.2 (1.1)                              | 2.5 (0.5) | 4.5(0.9) |



**Şekil 2.** Hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrası doğu kayını (*Fagus orientalis L.*) test ve kontrol örneklerinde ortaya çıkan renk değişimi ( $\Delta E^*$ ).

Doğu ladini (*Picea orientalis L.*) test ve kontrol örneklerinin 500 sa hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrasındaki renk değişim diyagramı Şekil 3’de verilmiştir.

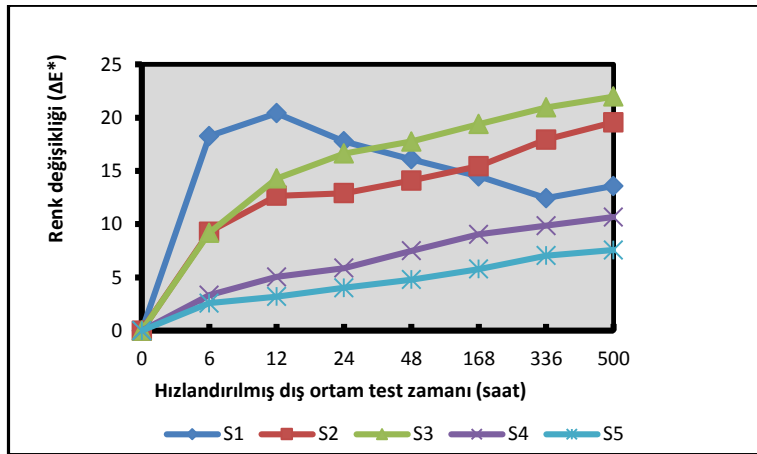
Ladin odunu örnekleri arasında en yüksek renk stabilizasyonu ise, L4 ve L5 örnek gruplarında tespit edilmiştir.



Şekil 3. Hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrası doğu ladini (*Picea orientalis L.*) test ve kontrol örneklerinde ortaya çıkan renk değişimi ( $\Delta E^*$ ).

Sarıçam odunu test ve kontrol örneklerinin 500 sa hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrasındaki renk değişim diyagramı Şekil 5'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere, 500 saat hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrasında sarıçam

odunu (*Pinus sylvestris L.*) örnekleri arasında en düşük renk değişimi S4 ve S5 varyasyonunda görülmektedir. En yüksek renk değişimi ise diğer türlerde olduğu gibi S2 ve S3 varyasyonlarından belirlenmiştir.



Şekil 4. Hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrası sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) test ve kontrol örneklerinde ortaya çıkan renk değişimi ( $\Delta E^*$ ).

Üç farklı odun türünün 500 saatlik hızlandırılmış açık hava koşulları testi diyagramlarındaki test örneklerinin renk değişimleri hemen hemen benzer sonuçlar vermiştir. MCQ maddesi ile empenye edilen test örnekleri her iki üst yüzey işlemi uygulamasında da Celcure AC 500 ile empenye edilen test örneklerine göre daha iyi bir performans sergilemiştir. Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), doğu ladini (*Picea orientalis L.*), ve doğu kayını (*Fagus*

*orientalis L.*) türlerinin MCQ maddesi ile empenye edilmesi hızlandırılmış açık hava koşulları sonrasındaki renk değişimini büyük ölçüde önlemektedir. Ayrıca; tüm odun türlerinin empenye edildikten sonra UCOAT UX-310 maddesi ile üst yüzey uygulanan test örneklerinde, hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrası renk değişiminin kontrol gruplarından da yüksek olduğu anlaşılmıştır. Kayın, ladin, sarıçam diri odunlarından hazırlanan ve

168, 336 ve 500 saatlik süreler boyunca hızlandırılmış açık hava koşulları testine maruz bırakılan test ve kontrol örnek yüzeylerinde meydana gelen renk değişim değerleri Tablo 3’de gösterilmektedir. Buna göre, genel olarak tüm varyasyonlar arasında en yüksek renk stabilizasyonu MCQ ile emprenye edildikten sonra yüzeyine akrilik reçine içeren Hombitec 402 WP uygulanan sarıçam odunu (S5) örneklerinde; en düşük renk stabilizasyonu ise, Celcure AC 500 ile emprenye edildikten sonra yüzeyine UCOAT UX-310 uygulanan ladin odunu (L2) örneklerinde gözlemlenmiştir. Üç odun türünün de MCQ ile emprenye edildikten sonra üst yüzey uygulanan test örneklerinin renk değişim değerlerine bakıldığında, hızlandırılmış açık hava koşulları sonrasında en düşük renk değişimi akrilik reçine içeren Hombitec 402 WP uygulanan örneklerde olduğu belirlenmiştir.

### **Yüzey Pürüzlülük Değişimi**

Açık hava koşullarına maruz kalan odun yüzeyinde UV etkisi ile lignin degrade olduktan sonra yağmur suyu ile yakılarak uzaklaşmaktadır. Ligninin yıkanarak uzaklaşması sonucunda odun yüzeyinde oluşan anatomik değişiklikler nedeni ile pürüzlülük oranı önemli derecede artmaktadır (Temiz vd. 2005, Zhang vd. 2009). Açık hava koşulları testinin doğu

kayını, doğu ladini ve sarıçam odunu örneklerinin yüzeyi pürüzlülük değerleri üzerine etkisi Tablo 4’de gösterilmektedir. Buna göre; sarıçam (*Pinus silvestris L.*), doğu ladini (*Picea orientalis L.*) ve doğu kayını (*Fagus orientalis L.*) örneklerinin kontrol gruplarında, hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrası yüzey pürüzlülük değerlerinde büyük artış gözlemlenmiştir. Üç odun türünün hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrası yüzey pürüzlülük değerlerindeki artışın ise, test örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla çok daha az olduğu belirlenmiştir. Hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrasında yüzey pürüzlülük değerlerinde en az artış, koruyucu madde ile emprenye edildikten sonra yüzeyine UCOAT UX-310 uygulanan test örneklerinde tespit edilmiştir.

500 sa hızlandırılmış açık hava koşulları test sonrasında örnek yüzeylerinde yapılan görsel incelemelerde kontrol örneklerinde ince ve derin çatlaklar tespit edilmiştir. En fazla çatlak doğu kayını, en az çatlak ise sarıçam kontrol odunu örneklerinde gözlemlenmiştir. UV absorbe edici içeren akrilik reçine uygulanan bazı test örneklerinin üst yüzey maddesinde çok az deformasyon görülürken, UCOAT UX-310 uygulamasında hiçbir deformasyon görülmemiştir.



**Tablo 3.** Kayın, ladin, sarıçam odunu test ve kontrol örneklerinde hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrasındaki renk değişim değerleri.

|         | Varyasyon | 168. Saat    |              |              |              | 336. Saat    |              |              |              | 500. Saat    |              |              |              |
|---------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|         |           | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E^*$ | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E^*$ | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E^*$ |
| Kayın   | K1        | 0.62         | -3.2         | -6.8         | 7.6          | 5.6          | -3.9         | -3.4         | 11.0         | 9.0          | -5.2         | -10.5        | 14.7         |
|         | K2        | -11.6        | 1.1          | -4.4         | 13.2         | -12.4        | 1.6          | -6.0         | 14.1         | -15.0        | 1.5          | -3.9         | 17.1         |
|         | K3        | -9.3         | 2.4          | -5.3         | 11.0         | -5.2         | 4.3          | -0.7         | 13.8         | -15.2        | 5.1          | -0.8         | 16.8         |
|         | K4        | -10.2        | 1.2          | -3.5         | 11.5         | -10.5        | 1.2          | -4.6         | 12.4         | -10.7        | 1.0          | -5.9         | 13.2         |
|         | K5        | -8.8         | 1.5          | -2.5         | 9.6          | -9.6         | 1.6          | -3.6         | 11.0         | -10.9        | 1.6          | -4.3         | 12.5         |
| Ladin   | L1        | -10.1        | 2.5          | 4.5          | 11.9         | -10.7        | 2.9          | 7.9          | 13.7         | -9.6         | 2.6          | 10.8         | 14.8         |
|         | L2        | -20.5        | 7.5          | 12.8         | 25.5         | -21.4        | 8.4          | 14.4         | 27.6         | -22.0        | 9.6          | 15.2         | 28.7         |
|         | L3        | -12.0        | 9.2          | 10.2         | 18.2         | -12.6        | 9.7          | 10.3         | 19.2         | -14.0        | 11.0         | 10.6         | 20.8         |
|         | L4        | -6.3         | 5.8          | 6.4          | 10.7         | -7.5         | 7.7          | 6.6          | 12.9         | -8.7         | 8.7          | 6.7          | 14.0         |
|         | L5        | -6.6         | 5.2          | 7.7          | 11.1         | -6.5         | 6.6          | 7.3          | 12.1         | -7.7         | 7.9          | 6.7          | 12.9         |
| Sarıçam | S1        | -13.8        | 2.3          | -3.5         | 14.5         | -9.5         | 0.7          | -7.6         | 12.4         | -4.5         | 1.3          | -12.4        | 13.6         |
|         | S2        | -14.9        | 11.7         | 1.0          | 19.4         | -15.8        | 12.4         | 1.3          | 21.0         | -16.6        | 13.3         | 1.3          | 22.0         |
|         | S3        | -11.8        | 8.4          | 2.6          | 15.4         | -13.2        | 10.2         | 3.1          | 17.9         | -15.1        | 11.1         | 3.5          | 19.6         |
|         | S4        | -6.2         | 6.5          | 1.0          | 9.1          | -7.0         | 6.2          | 1.7          | 9.9          | -8.0         | 6.6          | 2.5          | 10.7         |
|         | S5        | -4.4         | 3.7          | 0.4          | 5.8          | -5.0         | 4.2          | 0.5          | 7.1          | -5.3         | 5.2          | 0.4          | 7.6          |

**Tablo 4.** Hızlandırılmış açık hava koşulları testinin doğu kayını, doğu ladini ve sarıçam odunu örneklerinin yüzeyi pürüzlülük değerleri üzerine etkisi.

| Odun Türü | Varyasyon | QUV Testi Öncesi |           | QUV Testi Sonrası |           |
|-----------|-----------|------------------|-----------|-------------------|-----------|
|           |           | Ra               | Rz        | Ra                | Rz        |
| Kayın     | K1        | 5.0(0.4)         | 37.9(2.8) | 8.7(0.5)          | 58.2(3.9) |
|           | K2        | 0.4(0.1)         | 2.2(0.9)  | 1.1(1.1)          | 6.0(5.5)  |
|           | K3        | 0.3(0.1)         | 2.7(1.6)  | 0.6(0.1)          | 4.8(2.0)  |
|           | K4        | 1.4(0.1)         | 11.7(1.5) | 2.0(0.2)          | 16.7(2.3) |
|           | K5        | 1.3(0.3)         | 13.2(1.5) | 2.2(0.7)          | 15.7(2.5) |
| Ladin     | L1        | 3.1(1.1)         | 26.6(8.9) | 5.2(0.9)          | 36.6(4.1) |
|           | L2        | 0.3(0.1)         | 2.5(1.0)  | 0.4(0.2)          | 4.2(1.0)  |
|           | L3        | 0.3(0.1)         | 1.8(0.6)  | 0.3(0.1)          | 2.2(0.5)  |
|           | L4        | 1.1(0.1)         | 10.5(1.2) | 1.5(0.4)          | 12.7(4.8) |
|           | L5        | 1.4(0.3)         | 12.2(2.5) | 1.9(0.1)          | 14.7(2.6) |
| Sarıçam   | S1        | 3.1(0.5)         | 23.5(2.5) | 4.1(0.4)          | 34.3(4.4) |
|           | S2        | 0.3(0.1)         | 1.6(0.4)  | 0.4(0.1)          | 2.1(0.8)  |
|           | S3        | 0.3(0.1)         | 2.0(0.7)  | 0.5(0.2)          | 6.0(2.3)  |
|           | S4        | 1.1(0.2)         | 10.5(1.0) | 1.6(0.3)          | 13.8(1.5) |
|           | S5        | 1.0(0.1)         | 10.6(2.3) | 1.7(0.6)          | 13.6(4.4) |

\* Standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir.

## SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Tablo 3’de görüldüğü üzere, 500 saatlik hızlandırılmış açık hava koşulları testi uygulamasından sonra doğu kayını kontrol örneğinin  $\Delta L^*$  değerinde pozitif yönde (9.0) değişim olurken sarıçam (-4.5) ve doğu ladini (-9.6) kontrol örneklerinin  $\Delta L^*$  değerlerinde negatif yönde değişim

olmuştur (Pozitif  $\Delta L^*$  değerleri beyazlaşmayı, negatif  $\Delta L^*$  değerleri ise grileşmeyi temsil etmektedir). Hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrasında yapraklı (doğu kayını) ve iğne yapraklı (sarıçam ve doğu ladini) odun türlerinin  $\Delta L^*$  değerlerindeki zıt değişimin, kimyasal bileşenlerindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Tüm

odun bileşenleri, UV ışığının etkisine maruz kalabilir. Odunun UV ışığını absorplama etkisine bakıldığında ligninin %80-90, karbonhidratların %5-20 ve ekstraktiflerin %2 oranında UV ışığını absorplama özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir (Temiz ve ark. 2004). Uç odun türünün test örneklerinin  $\Delta L^*$  değerleri incelendiğinde ise, negatif yönde değişim gözlenmektedir. Bu durum, UV sürecinde oluşan fotodegradasyon neticesinde özellikle ligninde oluşan kimyasal değişime ve bunun sonucunda da odunda meydana gelen renk koyulaşmasına bağlanmıştır. Yani negatif  $\Delta L^*$  değerlerindeki büyüklük o odun cinsinin UV karşısındaki hassasiyetinin ve yüzey kalitesinin bir göstergesi olmaktadır (Feist ve ark. 1984). 500 saat QUV testi sonrasında, yüzeyine UV absorbe edici madde içeren akrilik reçine uygulanan sarıçam ve doğu ladini test örneklerinin  $\Delta L^*$  değeri diğer test örneklerinin  $\Delta L^*$  değerinden daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçtan, örnek yüzeyine UV absorbe edici madde içeren akrilik reçine maddesi uygulanmasının dış ortam şartlarında parlaklığın azalmasını ( $\Delta L^*$ ) engellediği anlaşılmaktadır.

Şekil 1'den  $\Delta a^*$  değerleri pozitif olduğunda renklerin UV sürecinde kırmızılaştığını,  $\Delta a^*$  değerleri negatif olduğunda ise rengin yeşile kaydığı anlaşılmaktadır. Yine pozitif  $\Delta b^*$  renkteki sararmayı ve negatif  $\Delta b^*$  ise rengin mavileştiğini göstermektedir. Doğru kayın odunu kontrol örneklerinde  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  değerlerinin negatif, test örneklerinde ise bu değerlerin pozitif yönde değiştiği belirlenmiştir. Doğru ladin odununun test ve kontrol gruplarının  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  değerlerindeki değişim ise pozitif yönde, sarıçam odununun kontrol grubunda  $\Delta a^*$  değerinde,  $\Delta b^*$  değerine negatif yönde değişim olmuşken test gruplarında  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  değerlerindeki değişim pozitif yönde tespit edilmiştir.

Tablo 3'e bakıldığında, hızlandırılmış açık hava koşulları testinin ilk 168 saatinde tüm varyasyon gruplarında renk değişim değerinin ( $\Delta E^*$ ) hızlı arttığı daha sonraki zaman dilimlerinde bu artışın yavaşladığı görülmektedir. Açık hava koşulları etkisine karşı koruma için emprenye ve üst yüzey işlemi uygulanan odun yüzeylerinde de renk değişim değerinin ( $\Delta E^*$ ) ilk 168 saatte hızlı daha sonra yavaş değiştiği gözlemlenmektedir. Literatürdeki birçok çalışmada, zamana göre renk değişim değerinin ( $\Delta E^*$ ) aynı tarzda değiştiği tespit edilmiştir (Temiz ve ark.2007, Evans ve ark. 2002, Aloui ve ark. 2007, Custódio ve ark. 2006, Deka ve ark. Jebrane ve ark. 2009, Zhang ve ark. 2009, Özgenç ve Yıldız 2011, Özgenç ve ark. 2012). Bu durum, iyi UV absorplayıcı olması nedeniyle açık hava koşulları etkisine maruz bırakılması halinde odunda ilk bozunan maddenin lignin olmasına atfedilebilir. UV ışığı etkisi ile degrade olan lignin yağmur suları ile yıkanarak ağaç malzemenin uzaklaşmaktadır (Pandey 2005). Ağacın türüne göre içeriği ve miktarı değişmekle birlikte odun bileşenleri arasında en yüksek orana sahip olan ligninin, dış ortam degradasyonu sırasında hızlı renk değişimine sebep olduğu düşünülmektedir (Kocafe ve ark. 2008, Williams 2005, George ve ark. 2005, Kılıç ve Hafizoğlu 2007). 500 saat hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrasında en az renk değişimi MCQ ile emprenye edildikten sonra yüzeyine UV absorbe edici madde (Hombitec 402 WP) içeren akrilik reçine uygulanmış örneklerde kaydedilmiştir. MCQ maddesi ile emprenye edilen odun örneklerinin renk stabilizasyonu, Celcure AC 500 maddesine kıyasla daha etkili olmuştur. Yüzey korumada kullanılan maddelerin bakır oranının, renk stabilizasyonuna olan etkisi geçmiş yıllarda yapılan çalışmaları desteklemektedir (Zhang ve ark.2005, Yalinkilic ve ark. 1999, Temiz ve ark. 2004, Temiz ve ark. 2005).

Poliüretan esaslı verniklerin UV ışını etkisiyle kırmızıya doğru hızlı renk değişimi nedeniyle, UCOAT UX-310 uygulanan odun yüzeylerindeki renk değişiminin kontrol örneklerinden de yüksek olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlardan ve literatürde yer alan benzeri sonuçlardan anlaşılacağı üzere, üst yüzey maddesinin UV absorbe edici madde içermesi yüksek renk stabilizasyonu sağlamaktadır (Decker ve ark. 2004, Evan ve Chowdhury 2010, Yang ve ark. 2001) .

Açık hava koşulları koşullarında kullanılan ahşap malzemede renk değişiminin ardından parlaklığın kaybolması, yüzey pürüzlülüğü, çatlak oluşumu ve boyutsal değişiklikler beklenen olası sonuçlarıdır (Williams 2005). Çalışmada kullanılan örnek yüzeyleri incelendiğinde, uygulanan üst yüzey işlemi ile çatlak oluşumu ve pürüzlülük artışı gibi yüzeyde oluşan deformasyon önemli ölçüde azalmıştır. Poliüretan esaslı üst yüzey maddesi olan UCOAT UX-310 uygulanan odun örneklerinde, hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrası yüzey pürüzlülüğü değerinde önemsenmeyecek bir değişim olduğu tespit edilmiştir (Table 3). 500 saat hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrası, kayın odunu kontrol örnek yüzeylerinin pürüzlülük değerinde diğerlerinden daha fazla artış olduğu gözlenmiştir (Table 3). Yapılan çalışmalar açık hava koşullarında UV ve yağmur etkisine maruz kalan odun yüzeylerinin selüloz bakımından zengin olması ve çözünabilir lignininin bozunma ürünlerinin yağmur suları ile yıkanması sebebiyle, yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığını göstermektedir (Temiz ve ark. 2005, Pandey 2005, George ve ark. 2005, Temiz ve ark. 2004, Kılıç ve Hafizoğlu 2007).

Bu çalışmada; yeni nesil odun koruma ve üst yüzey maddelerinin açık hava koşullarına karşı yüzey koruma dirençleri

karşılaştırılmıştır. Hızlandırılmış açık hava koşulları testi sırasında 168, 336 ve 500 saat sonundaki renk değişim değerleri ve test sonunda yüzey pürüzlülük değerlerindeki değişim belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre; ahşap materyal yüzeyinin açık hava koşullarına karşı direnci; bakır içerikli MCQ ile emrenyede, Celcure AC 500 maddesi ile emprenyeye oranla daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç; MCQ maddesinin mikronize yapısı nedeniyle, bakır bileşiklerinin oduna daha iyi nüfuz ettiği ve odun yüzeyinde daha yüksek koruma ve su iticilik sağladığını düşündürmektedir.

Yapılan araştırmalar bakır içeren odun koruma maddeleriyle emprenye edilen odun örneklerinin yüzeyine üst yüzey işleminin uygulanması ahşap yüzeyinin açık hava koşullarına karşı direncini arttırdığını ortaya koymuştur (Özgenç ve ark. 2012, Yalınkılıç ve ark. 1999) Buradan yola çıkarak uygulanan emprenye işlemlerinde örnek yüzeyine su itici etkisi olan poliüretan vernik uygulandığında açık hava koşullarında oluşan renk koyulaşması geciktirilmektedir. Ayrıca açık hava koşullarında odun yüzeyinde artan pürüzlülük önlenmektedir (Nzokou ve ark. 2011). Buradan yola çıkarak uygulanan emprenye işlemlerinde örnek yüzeylerine uygulanan poliüretan esaslı UCOAT UX-310 verniğin dış ortam koşullarına karşı renk stabilizesinin, yeni nesil UV absorbe edici maddesi içeren akrilik reçine maddesine göre çok daha düşük bir performans sergilediği anlaşılmıştır. Ayrıca hızlandırılmış açık hava koşulları testi sonrasında yeni nesil UV absorbe edici madde içeren akrilik reçine uygulanan odun yüzeylerine kıyasla poliüretan esaslı UCOAT UX-310 verniğinin yüzey pürüzlülük değerlerindeki değişimi daha düşük bulunmuştur. Yapılan çalışmadan, dış ortam koşullarında UV absorbe edici maddenin renk değişimini önlediği ve poliüretan esaslı verniğin ise yüzey

kalitesini koruduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalarda MCQ ile emprenye edilen odun örneklerinin yüzeyine UV absorbe edici madde içeren poliüretan esaslı vernikler uygulanarak açık hava koşullarındaki yüzey direncinin daha detaylı bir şekilde araştırılması önerilmektedir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon birimine sağladığı araştırma fonu desteği (Proje no: 2009.113.002.1) için teşekkür etmektedir.

## KAYNAKLAR

Aloui F, Ahajji A, Irmouli Y, George B, Charrier B, Merlin A (2007) Inorganic UV absorbers for photostabilisation of wood-clearcoating systems: Comparison with organic UV absorbers. *Applied Surf Sci* 253: 3737-3745

Atılgan A, Gökaş O, Peker H (2011) Pinar bitki ekstraktından elde edilen doğal boyanın ahşap malzemeye üstyüzey olarak uygulanması. *AÇÜ Orm Fak Derg* 12(2): 139-147

Ayadi N, Lejeune F, Charrier F, Charrier B, Merlin A (2003) Color stability of heat-treated wood during artificial weathering. *Holz als Roh- und Werkstoff* 61: 221-226

Custódio JEP, Eusébio MI (2006) Waterborne acrylic varnishes durability on wood surfaces for exterior exposure. *Prog in Org Coating* 56: 59-67

Decker C, Masson F, Schwalm R (2004) Weathering resistance of waterbased UV-cured polyurethane-acrylate coatings. *Poly Degr and Stabil* 83: 309-320

Deka M, Petrič M (2008) Photo-degradation of water borne acrylic coated modified and non-modified wood during artificial light exposure. *BioResources* 3(2): 346-362

Evans PD, Chowdhury MJA (2010) Photoprotection of wood using polyester-type UV-absorbers derived from the reaction of 2-hydroxy-4(2,3-epoxypropoxy)- benzophenone with dicarboxylic acid anhydrides. *Journal of Wood Chemistry and Techn* 30: 186-204

Evans PD, Owen NL, Schmid S, Webster RD (2002) Weathering and photostability of benzoylated wood. *Poly Degr and Stabil* 76: 291-303

Feist WC, Hon D (1984) The chemistry of solid wood, Chapter 11: Chemistry of weathering and protection. American Chemical Society, pp. 401-450

Feist WC (1989) Archaeological wood: properties, chemistry, and preservation. Chapter 11: Outdoor wood weathering and protection. American Chemical Society, pp. 263-297

Forsthuber B, Grüll G (2013) The effects on HALS in the prevention of photodegradation of acrylic clear topcoats and wooden surfaces. *Polym Degr Stabil* 95(2): 746-755

Forsthuber B, Christian S, Grüll G (2013) Evaluation of the photo stabilising efficiency of clear coating comprising organic UV absorbers and mineral UV screeners on wood surfaces. *Wood Sci Technol* 47(2): 281-297

George B, Suttie E, Merlin A, Deglise X (2005) Photodegradation and photostabilisation of wood-the state of the art. *Poly Degr and Stabil* 88: 268-274

Jebrane M, Sèbe G, Cullis I, Evans PD (2009) Photostabilisation of wood using aromatic vinyl esters. *Poly Degr and Stabil* 94(2): 1-7

Kılıç A, Hafızoğlu H (2007) Açık hava koşullarının ağaç malzemenin kimyasal yapısında meydana getirdiği değişimler ve alınacak önlemler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orm Fak Derg* A(2): 175-183

Kocacafe D, Poncsak S, Boluk Y (2008) Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and apsen. *BioResources* 3(2): 517-537

Nzokou P, Kamdem DP, Temiz A (2011) Effect of axxelerated weathering on discoloration and roughness of finished ash wood surfaces in comparison with red oak and hard maple. *Progress in Org Coat* 71(4): 350-354

Ozgenç O, Hiziroglu S, Yıldız UC (2012) Weathering properties of wood species treated with different coating applications. *BioResources* 7(4) 4875-4888

Özgenç Ö, Yıldız ÜC (2012) Induline SW 900 Su bazlı emprenye maddesi uygulanan odunun hızlandırılmış dış ortam testine olan dayanımı. *KSU Mühendislik Bil. Der. Özel sayı*

Pandey KK (2005) Study of the effect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood. *Poly Degr and Stabil* 90: 9-20

Temiz A (2005) Dış hava koşullarının emprenyeli ağaç malzemeye etkileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, TRABZON

Temiz A, Yıldız ÜC, Gezer ED, Yıldız S, Dizman E (2004) Bakır içeren emprenye maddelerinin odunla olan etkileşimi. *AÇÜ Orm Fak Derg* 3-4: 204-211

Temiz A, Yıldız ÜC, Kırıcı H, Gezer ED, Yıldız S (2004) Odun fotodegradasyonu. *AÇÜ Orm Fak Derg* 3-4: 145-156

Temiz A, Terziev N, Eikenes M, Hafren J (2007) Effect of accelerated weathering on surface

- chemistry of modified wood. *Applied Surf Sci* 253: 5355-5362
- Temiz A, Yıldız ÜC, Aydın I, Eikenes M, Alfred G, Çolakoglu G (2005) Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test. *Applied Surf Sci* 250: 35-42
- Yalinkilic MK, Imamura Y, Takahashi M, Ilhan R, Yalinkilic AC, Demirci Z (1999) FTIR studies of the effects of outdoor exposure on varnish-coated wood pretreated with CCB or water repellents. *Journal of Coat Technol* 71(895):103-112
- Yang XF, Vang C, Tallman DE, Bierwagen GP, Croll SG, Rohlik S (2001) Weathering degradation of a polyurethane coating. *Poly Degr and Stabil* 74: 341-351
- Yıldız S, Yıldız ÜC, Tomak ED (2011) The effects of natural weathering on the properties of heat-treated alder wood. *BioResources* 6(3): 2504-2521
- Zhang J, Kandem DP, Temiz A (2009) Weathering of copper-amine treated wood. *Applied Surf Sci* 256: 842-846
- Williams RS (2005) *Hand of Wood Chemistry and Wood Composites*, Chapter 7: Weathering of wood. USDA, Forest Products Laboratory, Madison
- Zhang J, Kamdem PD (2000) Weathering of copper-amine treated wood. The international research group on wood preservation, Kona, Hawaii, USA, IRG/WP 00-40155