

AÇIK HAVA KOŞULLARININ AĞAÇ MALZEMENİN KİMYASAL YAPISINDA MEYDANA GETİRDİĞİ DEĞİŞİMLER VE ALINACAK ÖNLEMLER

Ayben KILIÇ*

Harzemşah HAFIZOĞLU

ZKÜ, Bartın Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh., 74100, BARTIN

*ayben67@yahoo.com

ÖZET

Işık, rutubet, rüzgar ve sıcaklık gibi çeşitli etmenler karşısında ağaç malzeme yüzeyinde çeşitli bozunmalar meydana gelir. Renk değişimi ile başlayan bozunma fiziksel, kimyasal ve anatomik yapıda da etkisini gösterir. Özellikle UV ışını etkisiyle büyük oranda degrade olan lignin yağmur suları ile yıkanarak odundan uzaklaşır. Bu durum mikroskobik yapıda öncelikle orta lamelin bozunmasına neden olur. Ayrıca, kenarlı geçitlerde çatlaklar oluşur ve iki hücre arasındaki hücre çeperinde ayrılmalar görülür. Odun yüzeyinde çatlak oluşumu ve yüzey pürüzlüğü gerçekleşir. Ağaç malzeme, açık hava etkisine karşı yaygın olarak boya ve verniklerle korunmaktadır. Verniklere oranla boyalar daha iyi sonuç vermektedir. Ayrıca, suda çözünen tuzları içeren emprenye maddeleri de kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Açık hava koşulları, Odun kimyası, UV, Boya, Vernik.

INFLUENCES OF WEATHERING ON CHEMICAL STRUCTURE OF WOOD AND PROTECTION TREATMENTS

ABSTRACT

Degradations could be occurred on the wood surfaces by the presence of light, moisture, wind and temperature. Weathering begins with color changes and further in physical, chemical and anatomical structure on wood surfaces. Specially, lignin is destroyed by UV light and then leached out from the wood by rain. This effects the microstructure and likewise middle lamella begins to be destroyed. Also, cracks can be seen in the border pits and the cell walls between two cells begin to separate. During weathering rough and cracks can be seen on the surface of wood. Painting, coating or preservatives are useful techniques to protect wood surfaces against weathering. Painting is more effective then coating. Also water-repellents can be used for various purposes.

Keywords: Weathering, Wood chemistry, UV, Paint, Varnish

1. GİRİŞ

Uygun koşullarda kullanıldığında odun dayanıklı bir malzeme olup yüzyıllar boyunca kullanılabilir. Örneğin, Hz.İsa'dan 14 yüzyıl önce yaşamış olan Mısır Firavunu Tutankhamen'in mezarındaki odundan yapılmış eşyaların hiç bozulmamış oldukları görülmüştür. Yine Kastamonu Merkez Kasaba köyünde 1300'lü yıllarda yapılmış olan caminin ahşap kısımları bozulmadan günümüze kadar gelmiştir. Ancak, biyolojik yapısından ve estetik özelliklerinden dolayı ağaç malzeme herhangi bir koruyucu ile muamele edilmediği takdirde açık hava koşullarından, fotooksidatif degradasyondan ve asit yağmurlarından etkilenmektedir.

Açık hava etkisi diğer bir ifade ile “ weathering” ağaç malzeme için önemli bir risk faktörüdür. Weathering; ışık (UV,IR), rutubet (yağmur, kar, nem, çığ), mekanik güçler (rüzgar, kum, kir) ve sıcaklık etkisi ile yüzeyde meydana gelen renk değişimi, yüzey pürüzlüğü ve çatlamlar olarak tanımlanır. Bu etkiler neticesinde ağaç malzemenin renginde, kimyasal ve fiziksel yapısında bazı değişimler meydana gelmektedir.

Ağaç malzeme, açık havada süratle renk değiştirir. Önce sararan odun daha sonra kahverengileşir. Ekstraktiflerce zengin odunda ise kahverengileşmeden önce bazı ağarmalar gözlenir. Renk değişimi sıcak iklimlerde birkaç ay içinde gerçekleşirken bazı ağaç türlerinde ise parlaklık bir ay sonunda belirgin bir şekilde azalmaktadır. Renk değişimi odundaki kimyasal değişimlerin bir işaretidir. Bu değişikliğin yüzeylerde bulunan kinonlardan kaynaklandığı belirtilmektedir (Temiz, 2005). Kimyasal değişimler detaylı olarak bir sonraki bölümde ele alınacaktır.

Renk ve kimyasal değişimlerin yanı sıra ağaç malzemedeki fiziksel değişimlerde meydana gelmektedir. Yüzeyde meydana gelen bozunma hücre çeperi bağlarını zayıflatmakta, hücreler arası ve hücreler içi makroskopik-mikroskopik gerilmelere ve çatlaklara yol açmaktadır. Yağmurun etkisi ile de çatlaklar daha ileri düzeyde erozyonlara neden olur. Yapılan bir çalışmaya göre iğne yapraklı ağaçlarda (İ.Y.A) erozyon miktarı ortalama 1 yüzyıl için 6.4 mm olduğu bildirilmiştir.(Feist ve Hon,1983). Fiziksel değişimlere mikroskobik değişimlerde eşlik eder. Açık hava koşullarının odunun anatomik yapısında meydana getirdiği etkiler tarayıcı elektron mikroskobunun (SEM) kullanıldığı çeşitli çalışmalarda incelenmiştir (Hon ve Shiraishi, 2001; Pandey ve Pıtman ,2002). Sarıçam ile yapılan bir çalışmada 100 gün boyunca su ve ışık altında bekletilen örneklerde geçitlerin kollapse uğradığı gözlemlenmiştir (Owen vd.,1993). Diğer literatür sonuçları da, orta lamel ve diğer hücre çeperi tabakalarının en son bozunduğu, en dayanıklı kısmın mikrofibriller olduğunu ifade etmektedir. Bozunma çoğunlukla yüzeylerde 0,05-2,5 mm'de gerçekleşir. Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında geçit çeperinin bozunduğu, geçit açıklığının geçit odasının limitine kadar tedrici genişlediği, geçit kenarlarında mikro çatlakların oluştuğu ve tahrip olan geçitlerin yarı kenarlı bir yapı oluşturduğu söylenebilir (Feist,1983).

2. KİMYASAL DEĞİŞİM

Açık hava koşullarında kullanılan ağaç malzemede meydana gelen renk değişimi, parlaklığın kaybolması, yüzey pürüzlüğü, çatlak oluşumu ve ağırlık kaybı gibi değişiklikler odunun asli kimyasal bileşikleri olan selüloz, hemiselülozlar ve ligninin yapısında meydana gelen kimyasal modifikasyonlardan kaynaklanmaktadır. Açık hava etkisi oldukça karmaşık reaksiyonlar dizisini içerir (Hon ve Shiraishi, 2001).

Ağaç malzeme sahip olduğu kimyasal yapısı ile ışığı absorplama özelliği gösterir. Bu özellik, ağaç malzemeye güzel bir renk kazandırırken istenmeyen fotokimyasal ve fotofiziksel olayları da tetikler. Meydana gelen fotokimyasal olaylar ile odun yüzeyinde kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler de değişmeler ve kimyasal bağlarda kopmalar gözlemlenir. Fotokimyasal bir reaksiyonun oluşması için ilk kural, sistemin bazı bileşenlerinin öncelikle ışığı absorplama gereğidir. İkinci kural ise bir molekül ancak ışığın bir kısmını absorbe edebilir (Feist ve Hon, 1983).

Absorbe edilen ışık yani enerji, moleküller arasına yerleşerek depolimerizasyon, dehidrojenasyon ve dehidrometilasyon gibi ayrılma reaksiyonlarına neden olur (Fengel ve Wegener, 1984). Bununla birlikte, karboniller, karboksiller, peroksitler, hidroperoksitler ve konjuge çift bağlar gibi kromoforik gruplar da oluşur (Hon ve Shiraishi, 2001). Kromofor gruplar, renk veren hidrokarbon gruplarına yeteri derecede bağlanan özel gruplardır.

Dünyaya ulaşan UV ve görünür güneş ışığı 295-800 nm arasındadır. Açık hava koşullarını etkileyen ışınların aralığı ise 295-3000 nm'dir. İç ve dış mekanlarda kullanılan odun üzerinde çeşitli enerji formlarının nispi etkileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Odun üzerinde çeşitli enerji formlarının nispi etkisi (Hafizoğlu, 2002).

Enerji Formu	İç Mekanlar		Dış Mekanlar	
	Sonuç	Etki Derecesi	Sonuç	Etki Derecesi
Termal	Yanma	Şiddetli	Yanma	Şiddetli
	Renk Koyulaşması	Hafif	Renk Koyulaşması	Hafif
Işık	Renk Değişimi	Hafif	Yaygın renk değişimi	Şiddetli
			Kimyasal degradasyon	Şiddetli
Mekanik	Aşınma ve Yırtılma	Hafif	Aşınma ve yırtılma	Hafif
			Rüzgar erozyonu	Hafif
			Yüzey sertleşmesi	Şiddetli
			Liflerin ayrılması	Şiddetli
Kimyasal	Lekelenme	Hafif	Yüzey sertleşmesi	Şiddetli
	Rengin açılması	Hafif	Liflerin ayrılması	Şiddetli
	Renk değişimi	Hafif	Seçici yıkanma	Şiddetli
			Renk değişimi	Şiddetli
			Güç kaybı	Şiddetli

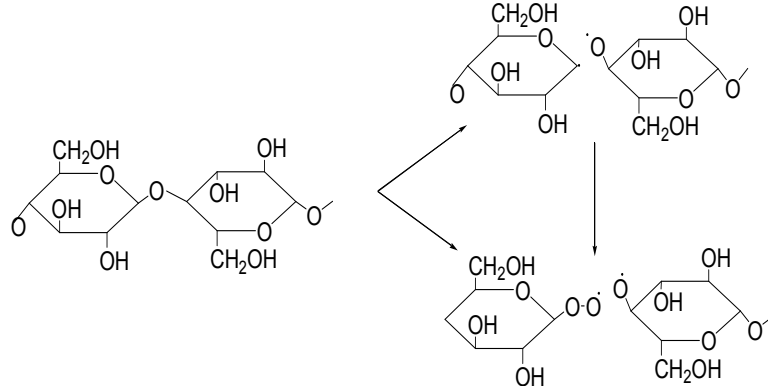
Odun ana bileşenlerinden selüloz, ışığı 200-400 nm, lignin, hemiselülozlar ve ekstraktifler de 200-280 nm aralığında absorplanmaktadır. Selüloz ve lignine ait absorpsiyon eğrileri bileşimi odunun UV absorpsiyon eğrisini oluşturur. Norrstrom'a göre lignin %80-95, karbonhidratlar %5-20 ve ekstraktiflerinde %2'lik bir absorpsiyon katsayısı vardır (Fengel ve Wegener, 1984). Saf selüloz tek başına iyi bir ışık absorplama özelliğine sahip değildir. İçerdiği karbonil grubu ve indirgen olmayan glikoz ünitesinin birinci karbon atomundaki asetal yada ketonik karbonil grupları sayesinde absorplama gerçekleşir. Yapısal benzerliklerinden dolayı hemiselülozlarda benzer özelliğe sahiptir. Bu iki odun ana bileşeninin aksine lignin, iyi bir ışık absorplama özelliği gösterir. Bu nedenle, selüloza oranla daha fazla degrade olmaktadır. Absorplama ligninin içerisindeki kromoforik yapılar sayesinde gerçekleşir.

Fotokimyasal reaksiyonlarla, selülozda 2 tip ayrılma gözlemlenir. Birinci ayrılmada glikozid bağların kopmasıyla birinci karbon ve dördüncü karbondaki alkoksi radikaller oluşur. İkinci reaksiyonda ise beşinci karbon ve altıncı karbon arasındaki bağlar koparak hidroksimetil radikal oluşur (Şekil 1). Ligninde ise çok az sayıda reaksiyon fenolik radikaller oluşturur. Lignindeki α -karbonil gruplar ışığı absorplayarak uyarılırlar. Uyarılmış α -karbonil grup komşu fenolik yapıdan bir hidrojeni alarak radikallerin oluşmasını sağlar (Şekil 2) (Fengel and Wegener, 1984). Anderson ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada açık hava koşullarının gerek yapraklı gerekse iğne yapraklı türlerde zamanla karbonil absorpsiyonunu azalttığı belirtilmiştir. (Anderson vd., 1991). Karmaşık yapıları nedeniyle lignin de serbest radikallerin oluşma noktalarını tespit etmek zordur.

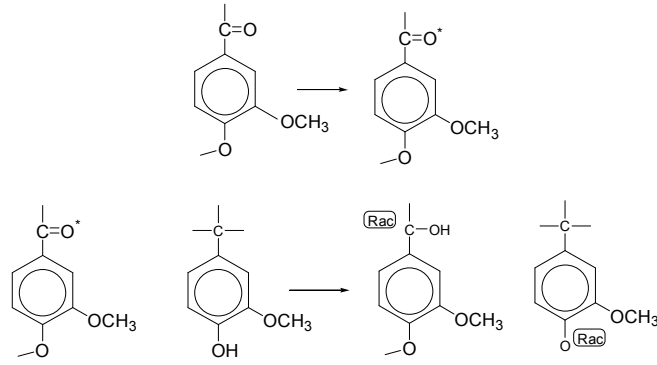
Elektron spin resonance metodu (ESR) ile yapılan çalışmalar göstermiştir ki odun, güneş ışığı, florasen ışığı ve yapay UV ışığı ile kolayca etkileşerek serbest radikalleri oluşturur. Ortamda havanın bulunması radikal sayısını artırır. Serbest radikal sayısına etken diğer bir faktörde odundaki rutubet miktarıdır. Odunun içine nüfuz ederek genişlemesine neden olan su molekülleri ışığın bu noktalara penetrasyonunu sağlayarak radikal oluşum oranlarını artırır (Temiz, 2005). UV ışığının oduna nüfuzu 75 μ m'den daha derin değildir. Görünür ışın ise 200 μ m kadar nüfuz etmektedir. 400-700 nm dalga boyundaki görünür ışık odundaki kimyasal bağları koparamaz. Çünkü 70 kcal/mol'den daha az bir enerjiye sahiptir (Williams, 2005).

Odun ana bileşenlerinden ligninin iyi bir UV absorplayıcısı olduğuna daha önce değinilmişti. Bu özelliği nedeniyle açık hava koşullarına maruz bırakılan odunda ilk bozulan madde lignin olmaktadır. UV ışığı ile degrade olan lignin yağmur suları ile yıkanarak ağaç malzemenin uzaklaşmaktadır. Hidrofobik özelliği ile hemiselülozlarda ligninle birlikte yıkanmaktadır. UV ışığının selüloza etkisi ise ağırlık kaybı, α -selüloz miktarının ve DP derecesinin azalması şeklinde kendisini gösterir. DP değeri ilk saatlerde 2000'den 600 değerine ve 16 saat sonra ise 300 değerine düşmektedir (Fengel ve Wegener, 1984). 30 yıl süre ile açık hava şartlarına maruz bırakılan çeşitli iğne yapraklı ve yapraklı türlere ait selüloz ve lignin miktarlarındaki değişim Çizelge 2'de verilmiştir. Gri bir renk alan dış tabakada lignin miktarı ortalama % 3 oranında azalmıştır.

AÇIK HAVA KOŞULLARININ AĞAÇ MALZEMENİN KİMYASAL YAPISINDA MEYDANA GETİRDİĞİ DEĞİŞİMLER VE ALINACAK ÖNLEMLER



Şekil 1.UV ışığı etkisi ile selülozda 1.C ve 4.C'da radikal oluşum reaksiyonu (Fengel ve Wegener, 1984).



Şekil 2.UV ışığı etkisi ile ligninde oluşan α -karbonil gruplar ve radikaller (Fengel ve Wegener, 1984).

Hemiselülozlardaki değişimler ise Çizelge 3'de daha net görülmektedir. Albizzia ve Sugi türleriyle yapılan açık hava ve hızlandırılmış deneyler, ligninin her koşulda belirgin bir şekilde azaldığını, yağmurun ise gerek lignin gerekse ksiloz ve mannozda azalmayı artırdığı tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada da ksilan ve arabanın, glukana göre daha hızlı bir şekilde çözüldüğü belirtilmiştir (Feist ve Hon, 1983).

3. KORUYUCU ÖNLEMLER

İç mekanlar da kullanılan ağaç malzeme için boya ve diğer yüzey muamele maddeleri odunun on yıllarca koruyabilir ve yenilenmeye gerek kalmaz. Dış mekanlarda ise yüzey kaplayıcıların etkisi 1-2 yıl gibi kısa sürelidir. Açık hava koşullarına karşı ağaç malzemeyi korumak amacı ile bazı yöntemler ortaya konulmuştur. Bunlar;

Çizelge 2. 30 yıl süre ile açık hava şartlarına maruz bırakılan odundaki bileşenlerin miktarı (Feist, 1990).

Ağaç Türleri		Farklı Hücre Tabakalarında Odun Ana Bileşenleri Miktarı (%)					
		Selüloz			Lignin		
		İç	Orta*	Dış**	İç	Orta*	Dış**
Ekstrakte Edilmiş	Sedir	48	48	44	42	28	7
	Gök nar	50	46	47	36	30	7
	Sarıçam	51	52	51	50	21	4
	Kavak	51	59	62	27	15	2
	Huş	55	57	60	28	21	6
Ekstrakte Edilmemiş	Sedir	54	47	44	33	27	10
	Gök nar	49	50	53	34	29	6
	Sarıçam	52	51	49	31	20	7
	Kavak	57	64	64	22	16	2
	Huş	40	56	70	21	17	4

*: Ortadaki kahverengi tabaka, **: Dıştaki gri tabaka.

Çizelge 3. Açık havaya bırakılan Albizzia ve Sugi türlerindeki Lignin ve Hemiselülozlardaki değişimler (%) (Sudiyana vd.,1999).

Şartlar	Lignin	Glikoz	Ksiloz	Mannoz
Albizzia				
Kontrol	26,5	56,8	14,0	1,4
Açık hava uygulaması	15,1	74,3	8,6	1,6
Yağmursuz açık hava uygulamaları	22,4	61,9	12,3	2,7
Hızlandırılmış test	8,7	83,0	6,8	1,3
Sugi				
Kontrol	29,1	51,5	1,8	11,2
Açık hava uygulaması	20,5	64,6	0,7	8,1
Yağmursuz açık hava uygulamaları	22,2	60,6	2,0	8,7
Hızlandırılmış test	21,5	63,1	1,2	8,1

- UV ışığının engellenmesi,
- Asetillendirme, metillendirme, benzillendirme vb. ile odunun modifikasyonu
- Renk değişikliğine neden olan yapıların giderilmesi,
- Oksijenin çıkarılması veya O₂ reaksiyonunun azaltılması,
- Fenolik amin kullanılarak radikal oluşumunun engellenmesi (Temiz, 2005).

Uygulamada ise en yaygın yöntem yüzey işlemleriyle ağaç malzemenin muamele edilmesidir. Bu amaçla en iyi korumayı boyalar ortaya koyarken, en az koruma ise transparan verniklerde görülmektedir. Koruyucunun türü etkinlik açısından önemlidir (Willams ve Feist, 1994). Dış mekanda kullanılan ağaç

malzemeyi korumak amacıyla uygulanan yüzey işlemlerinde kullanılan maddeler 2 ana grupta sınıflandırılabilir.

3.1. Film Oluşturan Yüzey Muamele Maddeleri

Boyalar: En iyi korumayı sağlayan maddelerdir. Boyalar genellikle yağlı veya çözücülü sistemlerle lateks veya suda çözünen sistemlere ayrılmaktadır. Yağda çözünen veya alkid boyalar bir oleoresin ortamında inorganik pigmentlerin süspansiyonundan oluşmaktadır. Lateks boyalar ise inorganik pigmentlerle çeşitli lateks reçinelerin sudaki süspansiyonundan meydana gelir (Feist, 1990).

Vernikler: Odunun en doğal görünümü açık renkli vernikler, lakeler veya şellak ile sağlanır. Fakat, açık verniklerin sık sık yenilenmesi gerekir. Lake ve şellak dış mekan kullanımları için uygun değildir. Bu koruyucular suya karşı çok duyarlı olup kolaylıkla çatlarlar. Açık verniklere UV ışın absorplayıcıları ilave edilebilir. Opak pigmentler genellikle ışığa karşı uzun süreli koruyucu etki sağlayabilir (Kropf vd.,1994).

Sabit Renkli Örtücü Boyalar: Bu boyalar opak maddeler olup, çok çeşitli renklere hazırlanabilirler. Pigment konsantrasyonu daha yüksektir. Bu yüzey muamele maddeleri odunun doğal renk ve dokusunu tümüyle örtmektedir. Yağ veya alkid esaslı solid-color yüzey muamele maddeleri boyalar gibi yüzeyde ince bir film oluşmaktadır (Willams ve Feist, 1999).

3.2. Derine Nüfuz Eden Muamele Maddeleri

Yağlar: Çeşitli yağlar (bezir yağı, tung yağı, oiticica yağı vb.) ve modifiye yağlar ile oduna nüfuz eden koruyucular geleneksel olarak kullanıla gelmiştir. Bunlar film oluşturmazlar ve oduna nüfuz edebilirler. Kullanım süreleri UV ışınına ve suya dayanıksız olmaları sonucu kısadır. Dış mekânlar için sınırlı bir kullanım alanı bulunmaktadır (Cassens ve Feist, 1991; Willams ve Feist, 1999).

Su iticiler: Genellikle reçine, çözücü, waks ve koruyucu içeren formülasyonlardır. Bu ürünler odunun su alımını önemli ölçüde azalttığı gibi aynı zamanda zararlılara karşı koruyucu görevini de yerine getirirler (Feist, 1990).

Örtücü Boyalar: Pigmentler su itici veya su itici koruyucu çözeltilerine veya benzer nüfuz eden transparan ahşap yüzey muamele maddelerine ilave edildiğinde karışım pigmentli, yarı transparan, nüfuz eden örtücü boyalar olarak adlandırılır. UV ışını kısmen bloke olduğu için pigmentler bu yüzey muamele maddelerinin dayanıklılığını önemli ölçüde artırır. Bu renklendiriciler hem düz hem de pürüzlü yüzeyler için uygundur (Kropf vd., 1994).

Avrupa ve Amerika'da dış mekan uygulamalarında kullanılan bazı maddeler ve uygulama alanları Çizelge 4'de verilmiştir.

UV etkisine karşı kullanılan diğer bir grup madde de suda çözünen tuzları içeren emprenye maddeleridir. Serbest fenolik gruplarla metal iyonlar arasında oluşacak odun-iyon kompleksiyle degradasyon önlenir (Temiz, 2005). Özellikle, krom içeren maddelerin ligninin degradasyonunu yavaşlattığı belirtilmektedir (Lange vd., 1992). Ayrıca, triol-G400, PEG-400, 1-octadecanol ve türevleride odunun degradasyonunda etkili maddelerdir (Hon vd., 1985, Feist, 1992).

Çizelge 4. Dış mekan uygulamalarında kullanılan bazı koruyucu maddeler (Sell ve Feist, 1986).

Uygulama Alanı	Amerika Birleşik Devleti	Avrupa
Doğramalar	Lateks boyalar Yağlı (alkid) boyalar Sabit renkli örtücü boyalar	Yarı parlak veya parlak çözücü esaslı boyalar Film oluşturan, yarı transparan örtücü boyalar Film oluşturmeyen örtücü boyalar
Masif odun	Lateks boyalar Sabit renkli örtücü boyalar Yağlı (alkid) boyalar Yarı transparan örtücü boyalar Yüzey muamele işlemi yok	Film oluşturmeyen, yarı transparan örtücü boyalar Film oluşturan, yarı transparan örtücü boyalar Solvent esaslı boyalar Lateks boyalar
Kontrplak	Yarı transparan örtücü boyalar Sabit renkli örtücü boyalar Lateks boyalar	Çok az kullanılmaktadır.
Lif levha, yonga levha	Lateks boyalar	Su esaslı güçlendirilmiş akrilik siva, yüzey muamelesi lateks boya ile yapılır.
Balkonlar, teraslar, çitler ve pergolalar	Toprakla teması olma noktalar suda çözünen tuzlarla empenye edilir. Yarı transparan örtücü boyalar Lateks boyalar Yağlı (alkid) boyalar Yüzey muamele işlemi yok	Yarı transparan örtücü boyalar Yüzey muamele işlemi yok

4. SONUÇ

Ağaç malzeme gerek iç mekanlarda gerekse dış mekanlarda yaygın bir kullanıma sahiptir. Pergola, bahçe mobilyası, ahşap ev ve çit direği dış mekan uygulamalarından bazılarıdır. Herhangi bir işlemle muamele edilmeyen ağaç malzeme abiyotikfaktörlerin etkisinde kalarak değişimlere uğramaktadır. Uzun süreli periyotlar içerisinde gerçekleşen degradasyonlar ağaç malzemenin yüzeyinde 0.05-2.5 mm arasında gerçekleşir. Renk değişimi ile başlayan değişimler ileriki aşamalarda fiziksel, kimyasal ve anatomik yapıda da görülür.

Açık hava koşullarının meydana getirdiği bu kompleks değişimleri önleyebilmek amacıyla yaygın olarak yüzeyde film tabakası oluşturan boya ve vernik uygulamaları yapılır. Boyalar özellikle güneş ışığına karşı daha etkili bir koruma sağlarlar. Ancak, zamanla çatlar, kabarır ve soyulurlar. Bu durumda yüzey temizlenerek tekrar boyanmalıdır aksi takdirde mantarlar için uygun ortamlar oluşur. Vernik uygulamalarının ömürleri ise boyalara göre daha kısadır. Yağlar, su iticiler ve örtücü boyalar kısacası derine nüfuz eden maddeler, boya ve verniklerde görülen çatlama ve soyulmaları göstermez.

AÇIK HAVA KOŞULLARININ AĞAÇ MALZEMENİN KİMYASAL YAPISINDA MEYDANA GETİRDİĞİ
DEĞİŞİMLER VE ALINACAK ÖNLEMLER

Dış mekan kullanımlarının vazgeçilmez olduğu düşünülürse, uygun yapı tekniklerinin kullanılması ve koruyucu maddelerle muamele edilmesi ağaç malzemenin uzun yıllar kullanımını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Anderson, E.L., Pawlak, Z., Owen, N.L., Feist, W., 1991. Infrared studies of wood weathering part II: Hardwoods, *App. Spectroscopy* 45(4) 648-652.
- Cassens, D., and Feist, W., 1991. Exterior wood in South, Selections Applications and Finishes, FPL-GTR-69.USA
- Feist, W., 1983. Weathering and protection of wood, American Wood-Preserves Association .
- Feist, W., 1990. Outdoor wood weathering and protection, American chemical society.
- Feist, W., 1992. Natural weathering of wood and its control by water-repellent preservatives, *American Painting Contractor*, 69 (4).
- Feist, W., Hon, D., 1983. Chemistry of weathering and protection, *The chemistry of solid wood*, chap. 11.
- Fengel, D., Wegener, G., 1984. *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions*, Walter de Gruyter, Berlin. New York.
- Hafizoğlu, H., 2002. Açık alan koşullarının ahşap üzerine etkisi ve alınacak koruyucu önlemler”, Z.K.Ü, Seminer notu.
- Hon, D., Chang, S., Feist, W., 1985. Protection of wood surfaces against photooxidation, *Journal of Applied Polymer Science*, 30, 1429-1448.
- Hon, D., Shiraishi, N., 2001 *Wood and Cellulosic Chemistry*, Markel Dekker Inc., USA.
- Kropf, F.W., Sell, J., Feist, W., 1994. Comparative weathering tests of North American and European exterior wood finishes, *Forest Products Journal*, 44(10) 33-41.
- Lange, P., Kreek, A., Linden, A., Coenjaarts, N., 1992. Weathering of wood and protection by chromium studied by XPS, *Surface and Interface Analysis*, 19, 397-402.
- Owen, J., Owen, N., Feist, W., 1993. Scanning electron microscope and infrared studies of weathering in southern pine, *Journal of Molecular Structure* 300, 105-114.
- Pandey, K.K., Pitman, A.J., 2002. Weathering characteristics of modified Rubberwood, *J. Applied Polymer Sci.* Vol.85, 622-631.
- Sudiyani, Y., Tsujiyama, S., Imamura, Y., Takahashi, M., Minato, K., Kajita, H., 1999. Chemical characteristics of surfaces of hardwood and softwood deteriorated by weathering, *J. Wood Sci.* 45, 348-353.
- Temiz, A., 2005. Bezetilmiş Dış Hava Koşullarının Emprenyeli Ağaç Malzemeye Etkileri, K.T.Ü Fen Bilimleri, Doktora Tezi, Trabzon.
- Williams, R.S., 2005. *Handbook of wood chemistry and wood composites*, CRC Press.
- Williams, R.S., Feist, W., 1994. Effects of preweathering, surface roughness and wood species on the performance of paint and stains, FPL, 66 (828).
- Williams, R.S., Feist, W., 1999. Selection and application of exterior stains for wood, Tech.Rep. FPL-GTR-106, Madison.