

**LAMİNE AĞAÇ MALZEMEDE VERNİK VE EMPRENYE İŞLEMLERİNİN
YAŞLANDIRMAYA ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

ŞEMSETTİN DORUK

**DOKTORA TEZİ
MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2009
ANKARA**

Şemsettin DORUK tarafından hazırlanan LAMİNE AĞAÇ MALZEMEDE VERNİK
VE EMPRENYE İŞLEMLERİNİN YAŞLANDIRMAYA ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ALTINOK

.....

Tez Danışmanı, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi A.B.D, Gazi Üniversitesi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi
Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ALTINOK

.....

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi A.B.D., Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Yusuf Ziya ERDİL

.....

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi A.B.D., Muğla Üniversitesi

Doç. Dr. Musa ATAR

.....

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi A.B.D., Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ

.....

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi A.B.D., Karabük Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. İhsan KÜRELİ

.....

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi A.B.D., Gazi Üniversitesi

Tarih: 9/10/2009

Bu tez ile Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora
derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Şemsettin DORUK

LAMİNE AĞAÇ MALZEMEDE VERNİK VE EMPRENYE İŞLEMLERİNİN YAŞLANDIRMAYA ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

(Doktora Tezi)

Şemsettin DORUK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2009

ÖZET

Bu çalışmada farklı tutkallar ile yapıştırılmış, parafin vaks/bezir yağı karışımı ile emprenye edilmiş (ASTM 1413-07 esaslarına göre) ve sentetik esaslı dış cephe verniği ile verniklenmiş lamine ağaç malzemenin dış ortamın bozundurucu etkisine karşı performansının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Sarı çam (*Pinus Sylvestris L*), Doğu kayını (*Fagus Orientalis Lipsky*), Anadolu kestanesi (*Castanea Sativa Mill*) ve Sapsız meşe (*Quercus Petraeae L.*) odunlarında kesilmiş 2 mm kalınlığındaki papel kaplamalar TS EN 386 esaslarına göre PVAc-D₄, VTKA, RF ve MF tutkalları ile yapıştırılarak 20 mm kalınlığında lamine levhalar elde edilmiştir. Bu levhalardan hava kurusu yoğunluk (TS 2472), retensiyon miktarı (ASTM D 1413-07), boyutsal değişim (TS 4084), şekil bozukluğu (TS EN 1310), laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı) (TS EN 205), laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) (TS EN 319) performanslarını belirlemek için deney örnekleri hazırlanmıştır. Örnekler parafin/waks- bezir yağı karışımı ile emprenye edilmiş ve sentetik esaslı yarı şeffaf vernik ile verniklenmiştir. Kontrol örnekleri (işlemsiz), emprenyeli ve vernikli örnekler 1 yıl süre ile dış ortamda (ASTM G7)

ve 240 saat UV ortamda (ASTM G154, ASTM G151-06) bekletilmiş ve bu örneklerle yukarıda ifade edilen performansları belirlemek üzere testler uygulanmıştır.

Bu testlerin sonuçlarına göre; vernik işleminin emprenye işlemine göre daha iyi koruma sağladığı, boyutsal değişim ve şekil bozukluğuna (çarpılma) karşı en iyi sonuç RF tutkallı Anadolu kestanesinde, katmanlar arası yapışma direncinde paralel ve dik çekmeye karşı RF tutkallı Doğu kayınında elde edilmiştir. UV ortamın doğal dış ortamı temsil etme oranı % 87 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, dış ortamda kullanılacak ağaç malzemenin su itici emprenye maddesi yerine sentetik esaslı yarı şeffaf vernik ile korunması, yüksek mekanik zorlamalara maruz kalacağı yerlerde RF tutkallı Doğu kayınının ve fiziksel etkilere maruz kalacağı yerlerde ise RF tutkallı Anadolu kestanesi kullanılması tavsiye edilebilir.

Bilim Kodu : 500.1.013

Anahtar Kelimeler: UV yaşlandırma, doğal yaşlandırma, yapışma direnci, sentetik esaslı vernik, parafin/ vaks- bezir yağı, şekil bozukluğu (çarpılma), boyutsal değişim, paralel çekme, dik çekme

Sayfa Adedi : 169

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Mustafa ALTINOK

**THE DETERMINATION OF THE EFFECT OF VARNISH AND
IMPREGNATED PROCEEDINGS OF LAMINATED WOODEN
MATERIALS ON AGEING**

(Ph.D. Thesis)

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

October 2009

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the performances of laminated wooden material, glued by various glues, impregnated by the mixture of wax / linseed oil (on the basis of ASTM 1413-07) and varnished by synthetic based house varnish against the corruptive effects of external environment.

Laminated panels with a thickness of 20 mm were acquired by banknote coverings with a thickness of 2 mm glued by PVAc-D₄, VTKA, RF and MF glues in accordance with TS EN 386 that were cut on the woods of Pine (*Pinus Sylvestris L.*), Oriental Beech (*Fagus Orientalis Lipsky*), Castanea Sativa (*Castanea Sativa Mill*) and Sessile Oak (*Quercus Petraeae L.*). Test samples were prepared in order to determine the performances of air-dried density (TS 2472), retention amount (ASTM D 1413-07), dimensional alteration (TS 4084), deformity (TS EN 1310), lamination layer adhesion resistance (against parallel tensile) (TS EN 205), lamination layer adhesion resistance (against vertical tensile) (TS EN 319) from these panels. The samples were impregnated by the mixture of wax / linseed oil and varnished by synthetic based translucent varnish.

Control samples (without proceeding), impregnated and varnished samples were kept in the external environment (ASTM G7) for 1 year and in UV environment (ASTM G154, ASTM G151-06) for 240 hours and some tests were performed on these samples in an attempt to determine the performances mentioned above.

According to the results of these tests, it is concluded that varnish proceeding provides a better protection compared to impregnated proceeding, and that the best result for dimensional alteration and deformity (distortion) is acquired by Castanea Sativa with RF glue and the best result for parallel and vertical tensile in adhesion resistance between the layers is acquired by Oriental Beech with RF glue. The representation rate of UV environmet for natural external environment is determined as 87%. Accordingly, it is recommended that the wooden material to be used in the external environment be protected by synthetic based translucent varnish instead of water-repellent impregnated material and Oriental Beech with RF glue be used in where high mechanical compulsion is vulnerable and Castanea Sativa with RF glue be used in where physical effect would be vulnerable.

Science Code : 500.1.013

Key Words : UV ageing, external environment, adhesion resistance, mixture of wax / linseed oil, synthetic based translucent varnish, deformity, dimensional alteration, against parallel tensile, against vertical tensile

Page Number : 169

Advisor : Prof. Dr. Mustafa ALTINOK

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Sayın Hocam ve Tez Danışmanım Prof. Dr. Mustafa ALTINOK, tez izleme komitesindeki hocalarım Prof. Dr. Hasan EFE'ye ve Prof. Dr. Yusuf Ziya ERDİL'e, tez jürisinde değerli katkılarından dolayı Doç. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ'ye, Doç. Dr. Musa ATAR'a, Yrd.Doç. Dr. İhsan KÜRELİ'ye, deneylerinin yapılışı sırasındaki yardımlarından dolayı Arş. Gör. Ali Rıza ARSLAN'a , Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi akademik ve idari personeline, yine Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi öğrencilerine ve her türlü maddi, manevi destekleri ile bana yardımcı olan eşim Şerife DORUK'a ve yine manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xviii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xx
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Tanımlanması.....	3
1.2. Hipotez.....	5
1.3. Çalışmanın Amacı.....	5
1.4. Çalışmanın Kapsam ve Yöntemi.....	6
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	8
3. GENEL BİLGİLER.....	20
3.1. Çalışmada Kullanılan Ağaç Malzemeler.....	20
3.1.1. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.).....	20
3.1.2. Sapsız Meşe (<i>Quercus petraea</i> L.).....	21
3.1.3. Doğu kayını (<i>Fagus Orientalis</i> Lipsky)	22
3.1.4. Kestane (<i>Castanea Sativa</i> Mill).....	23
3.2. Dış Faktörlerin Ağaç Malzemede Yaptığı Bozunum (Degradasyon).....	24

Sayfa

3.2.1. Dış ortam faktörleri.....	25
3.2.2. Ağaç malzemenin biyotik faktörler tarafından bozundurulması.....	41
3.3. Dış Faktörlere Karşı Ağaç Malzemenin Korunması.....	41
3.3.1. Film oluşturan yüzey muamele maddeleri.....	42
3.3.2. Derine nüfuz eden muamele maddeleri.....	43
3.4. Lâminasyon Tekniği.....	47
3.4.1. Lâminasyonda katların düzenlenmesi.....	49
3.4.2. Lâminasyonun yararları.....	50
3.4.3. Lâminasyonun sakıncaları.....	51
3.4.4. Lâminasyonda asgarî üretim şartları.....	51
3.4.5. Lâminasyonda ağaç malzeme seçimi.....	52
3.5. Yapışma Teorisi.....	54
3.5.1. Tutkal çeşitleri ve kullanım alanları.....	56
3.5.2. Tutkallı birleştirmelerde yapışma direnci.....	59
4. MATERYAL VE METOD.....	62
4.1. Ağaç Malzeme.....	62
4.2. Koruyucu Maddeler.....	62
4.2.1. Su itici emprenye maddesi.....	62
4.2.2. Sentetik esaslı yarı şeffaf vernik	64
4.3. Ahşap Tutkallar.....	64
4.3.1. Vinyl tree ketonol acetate (VTKA) tutkalı.....	65
4.3.2. Polivinil asetat -D ₄ tutkalı.....	66
4.3.3. Melamin formaldehit tutkalı.....	66

Sayfa

4.3.4. Resorsin formaldehit tutkalı.....	68
4.4. Deney örneklerin hazırlanması.....	69
4.4.1 Deneme Deseni.....	70
4.5. Koruyucu Uygulama ve Deney Yöntemleri.....	72
4.5.1. Emprenye uygulama yöntemi.....	72
4.5.2. Vernik uygulama yöntemi.....	73
4.5.3. Doğal yaşlandırma yöntemi (Dış ortamda bekletme).....	73
4.5.4. Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemi (UV yaşlandırma).....	75
4.5.5 Hava kurusu yoğunluk.....	76
4.5.6. Retensiyon miktarı (kg/m^3) tespiti.....	77
4.5.7. Boyutsal değişim (çalışma) ölçümleri.....	77
4.5.8. Şekil bozukluğunun (çarpılma/ burulma) tespiti.....	78
4.5.9. Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı) deneyi	79
4.5.10. Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) deneyi.....	80
4.6. Verilerin Değerlendirilmesi.....	81
5. BULGULAR.....	83
5.1. Fiziksel Özellikler.....	83
5.1.1. Hava kurusu yoğunluk.....	83
5.1.2. Emprenye maddelerinin retensiyon miktarı (kg/m^3).....	83
5.1.3. Boyutsal değişim (şişme).....	84
5.1.4. Şekil bozuklukları (çarpılma/burulma)	101
5.2. Mekanik Özelliklere İlişkin Bulgular.....	111
5.2.1. Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı).....	111

Sayfa

5.2.2. Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı).....	119
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	129
7. KAYNAKLAR.....	158
8. ÖZGEÇMİŞ.....	168

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Sarıçam odununun fiziksel ve mekanik özellikleri.....	20
Çizelge 3.2. Sapsız meşe odununun fiziksel ve mekanik özellikleri.....	22
Çizelge 3.3. Doğu kayını odununun fiziksel ve mekanik özellikleri	23
Çizelge 3.4. Kestane odununun fiziksel ve mekanik özellikleri	24
Çizelge 3.5. Radyasyon yoğunlukları ve sınıflandırılması	30
Çizelge 3.6. 30 yıl süre ile açık hava şartlarına maruz bırakılan odundaki bileşenlerin miktarı.....	36
Çizelge 3.7. Açık havaya bırakılan Albizzia ve Sugi türlerindeki Lignin ve Hemiselülozlardaki değişimler (%)......	38
Çizelge 3.8. Dış ortam uygulamalarında kullanılan bazı koruyucu maddeler.....	44
Çizelge 3.9. Islak mekan için düzeltme katsayısı.....	48
Çizelge 3.10. Tutkal çeşitleri ve kullanım alanları.....	56
Çizelge 3.11. Tutkal çeşitleri ve kullanım alanları.....	57
Çizelge 3.12. Deney ortamı şartları ve minimum yapışma direnci değerleri.....	57
Çizelge 3.13. Bazı tutkalların teknik özellikleri.....	58
Çizelge 4.1. PVAc- D ₄ Tutkalının teknik özellikleri.....	66
Çizelge 4.2. Dağal ve hızlandırılmış yaşlandırma deneme desen.....	71
Çizelge 4.3. 1975-2007 meteorolojik veriler.....	74
Çizelge 5.1. Sapsız meşe, kestane, sarıçam, kayın kontrol gruplarının ortalama hava kurusu yoğunluk değerleri (gr/cm ³)......	83
Çizelge 5.2. Emprenye maddelerinin ağaç türlerine göre retensiyon miktarı (Kg/m ³ %)......	84
Çizelge 5.3. Genişlik yönünde boyutsal değişim ortalama değerleri (%)......	85

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.4. Ağaç türü, işlem, tutkal ve ortam çeşitlerinin genişlik yönünde boyutsal değişime etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları ..86	
Çizelge 5.5. Ağaç türü, ortam, işlem ve tutkal çeşidi değişkenlerinin genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....87	
Çizelge 5.6. Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....88	
Çizelge 5.7. Ağaç türü- işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....88	
Çizelge 5.8. İşlem çeşidi-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....88	
Çizelge 5.9. Ortam çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....89	
Çizelge 5.10. Ortam çeşidi-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları.....89	
Çizelge 5.11. Ortam çeşidi-işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları.....90	
Çizelge 5.12. Ağaç türü-işlem çeşidi-tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları.....90	
Çizelge 5.13. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları.....91	
Çizelge 5.14. Ortam çeşidi-ağaç türü-tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları.....91	
Çizelge 5.15. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları.....92	
Çizelge 5.16. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi-tutkal çeşidi dörtlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları.....93	
Çizelge 5.17. Kalınlık yönünde boyutsal değişim ortalama değerleri (%).....94	

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.18. Ağaç türü, işlem, tutkal ve ortam çeşidinin kalınlık yönünde Boyutsal değişime etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	95
Çizelge 5.19. Ağaç türü, ortam, işlem ve tutkal çeşidi değişkenlerinin genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları(%).....	96
Çizelge 5.20. Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....	97
Çizelge 5.21. Ağaç türü- işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....	97
Çizelge 5.22. Tutkal çeşidi-işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına Duncan testi sonuçları (%).....	97
Çizelge 5.23. Ortam çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....	98
Çizelge 5.24. Ortam çeşidi-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....	98
Çizelge 5.25. Ortam çeşidi-işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....	99
Çizelge 5.26. Ağaç türü-işlem çeşidi-tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....	99
Çizelge 5.27. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları(%)	100
Çizelge 5.28. Ortam çeşidi-tutkal çeşidi-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....	100
Çizelge 5.29. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi-tutkal çeşidi dörtlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%).....	101
Çizelge 5.30. Yaşlandırma sonucunda deney örneklerinin ortalama çarpılma değerleri (mm).....	102

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.31. Ağaç türü, işlem çeşidi, tutkal çeşidi ve ortam çeşidinin çarpılma miktarına etkilerine ilişkin çarpılma değerlerine değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....	103
Çizelge 5.32. Ortam çeşidi, işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde çarpılma miktarına ait % 95 güven aralığındaki Duncan testi sonuçları (mm).....	104
Çizelge 5.33. Ağaç türü-ortam çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).....	105
Çizelge 5.34. Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).....	105
Çizelge 5.35. Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).....	106
Çizelge 5.36. Ağaç türü-tutkal çeşidi çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).....	106
Çizelge 5.37. Ağaç türü-işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları.....	107
Çizelge 5.38. Tutkal ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına Duncan testi sonuçları (mm).....	107
Çizelge 5.39. Ağaç türü-tutkal ve işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).....	107
Çizelge 5.40. Ağaç türü-ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).....	108
Çizelge 5.41. Tutkal çeşidi-ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).....	109
Çizelge 5.42. Tutkal çeşidi-ağaç türü-ortam ve işlem çeşidi dörtlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).....	110
Çizelge 5.43. Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı) ortalamaları (N/mm^2)	111
Çizelge 5.44. Ağaç türü, tutkal çeşidi, ortam çeşidi ve işlem çeşidinin laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.	112

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.45. Ortam, işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonu.....	113
Çizelge 5.46. Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları.....	114
Çizelge 5.47. Ortam çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	114
Çizelge 5.48. İşlem çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	115
Çizelge 5.49. İşlem ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	115
Çizelge 5.50. Ortam çeşidi-işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	116
Çizelge 5.51. Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	116
Çizelge 5.52. İşlem çeşidi-ağaç türü-ortam çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı)ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	117
Çizelge 5.53. İşlem çeşidi-ağaç türü- tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen katman yüzeyine paralel çekme direç değerlerine ait Duncan testi sonuçları.....	117
Çizelge 5.54. İşlem çeşidi-ağaç türü- ortam çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	118
Çizelge 5.55. İşlem çeşidi-ağaç türü- ortam çeşidi-tutkal çeşidi dörtlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	119

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.56. Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) ortalamaları (N/mm ²).....	120
Çizelge 5.57. Ağaç türü, tutkal çeşidi, işlem çeşidi,ve ortam çeşidine laminasyon katmanı yapışma direnç (dik çekmeye karşı) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	121
Çizelge 5.58. Ortam çeşidi, işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	122
Çizelge 5.59. Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	123
Çizelge 5.60. Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	123
Çizelge 5.61. Ortam çeşidi-ağaç türü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	124
Çizelge 5.62. Ortam çeşidi-ağaç türü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	124
Çizelge 5.63. Tutkal çeşidi-ağaçtürü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	125
Çizelge 5.64. Tutkal çeşidi-ağaçtürü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	125
Çizelge 5.65. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²)	126
Çizelge 5.66. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	126

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 5.67. Ağaç türü-işlem çeşidi-tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	127
Çizelge 5.68. Ortam çeşidi-tutkal çeşidi-işlem çeşidi-ağaç türü dördü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm ²).....	128

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Ahşap ve ahşap/ koruyucu sistemlere yaşlandırmada etkili olan faktörler.	26
Şekil 3.2. Elektromanyetik spektrum.....	29
Şekil 3.3. Yeryüzüne ulaşan UV- A, UV- B ve UV- C ışınları.....	30
Şekil 3.4. UV Radyasyonu etkileyen faktörler.....	31
Şekil 3.5. Selüloz molekülündeki muhtemel kromoforik grup.....	35
Şekil 3.6. Fotolitik reaksiyonla lignin yapısında kinon oluşumu.....	38
Şekil 3.7. Laminasyonda katların düzenlenmesi.....	49
Şekil 3.8. Yapıştırıcı katmanın yapısı.....	54
Şekil 4.1. Üretilen lamine taslağı örneği.....	69
Şekil 4.2. 1997–2005 yılları arasına ait UV-B Radyasyon zaman dizisi	74
Şekil 4.3. Deney örneklerinin bekletildiği UV ortamı.....	75
Şekil 4.4. Boyutsal değişim deney örneği (ölçüler mm).....	78
Şekil 4.5. Şekil bozukluğunun (çarpılma/burulma) tespiti örneği.....	78
Şekil 4.6. Şekil bozukluklarının tespiti.....	88
Şekil 4.7. Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekme) deneyi (ölçüler mm).....	88
Şekil 4.8. Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) örneği.....	81
Şekil 6.3. RF tutkalı ile yapıştırılmış UV ortamda bekletilmemiş Sarıçam kontrol (işlemsiz) örneklerinde; enerji dağılımlı izge ölçümü (EDS).....	155
Şekil 6.4. RF tutkalı ile yapıştırılmış UV ortamda bekletilmiş Sarıçam kontrol (işlemsiz) örneklerinde; enerji dağılımlı izge izge ölçümü (EDS).....	155

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Hazırlanan deney örnekleri.....	72
Resim 4.2. Doğal yaşlandırmanın yapıldığı yer ve standın konumu.....	74
Resim 4.3. Hızlandırılmış yaşlandırma test cihazı.....	75
Resim 4.4. Üniversal test makinesi.....	80
Resim 6.1. Dış ortamda bekletilen örneklerde meydana gelen kalınlık yönünde şişme sonucu oluşan katman ayrılması.....	135
Resim 6.2. Dış ortamda bekletilen vernikli örneğin SEM görüntüsü.....	136
Resim 6.3. Dış ortamda bekletilmiş kontrol Doğu kayını örneğinin enine kesit görünüşü.....	140
Resim 6.4. Dış ortamda bekletilmiş emprenyeli Doğu kayını örneğinin enine kesit görünüşü.....	141
Resim 6.5. Dış ortama bekletilmiş kontrol Doğu kayını örneğinin yüzey görünüşü.....	151
Resim 6.6. Dış ortamda bekletilmeden önceki Anadolu kestanesi, Doğu kayını, Sarıçam ve Sapsız meşe kontrol (işlemsiz) örnekleri.....	143
Resim 6.7. Dış ortamda bekletilmiş kontrol (işlemsiz) Sarıçam örneklerin arka ve ön yüzeyinden ve kontrol Doğu Kayını örneğinin ön yüzeyinden görünüşü.....	143
Resim 6.8. Dış ortamda bekletilmiş emprenyeli Doğu kayını (a), Dış ortamda bekletilmeden önceki vernikli Doğu kayını (b), Dış ortamda bekletilmiş vernikli Doğu kayını örnekleri (c).....	143
Resim 6.9. UV (a) ve dış ortamda (b) bekletilmiş emprenyeli Anadolu kestanesi SEM görüntüleri.....	146
Resim 6.10. Dış ortamda bekletilmemiş (a), ve dış ortamda bekletilmiş (b) RF tutkallı örneklerin SEM görüntüsü.....	149
Resim 6.11. Dış ortama bırakılmış emprenyeli (a), dış ortama bırakılmış kontrol (b),UV ortamda bekletilmiş kontrol (c) örnekleri.....	152

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
E-Mod	Elastikiyet modülü
F_{max}	Kopma anındaki maksimum kuvvet
g	Gram
m	Kütle
N	Newton
r	Rutubet
V	Hacim
δ_o	Tam kuru yoğunluk
δ_{12}	Hava kurusu yoğunluk
β_r	Radyal yönde daralma yüzdesi
β_t	Teğet yönde daralma yüzdesi
β_v	Hacmen daralma yüzdesi
σ_e	Eğilme direnci
$\sigma_{\epsilon//}$	Çekme direnci
$\sigma_{\nu//}$	Basınç direnci
σ_y	Yapışma direnci

Kısaltmalar	Açıklama
ASTM	American Society for Testing and Materials
DIN	Deutsch Institute Norm
EDS	Enerji dağılımlı izge ölçümü
KMT	Kuru madde tutunması (retensiyon) oranı
LSR	En küçük önemli aralık
MF	Melamin formaldehit
Mo	Örneğin emprenye öncesi hava kurusu ağırlığı
Moe	Örneğin emprenye sonrası hava kurusu ağırlığı
PVAc	Polivinil asetat tutkalı
RF	Resorsin formaldehit tutkalı
Std.sap	Standart sapma
TS EN	Türk Standartları Enstitüsü Euro Norm
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UV	Ultraviole
VTKA	Vinyl tree ketonol acetate tutkalı
X_{ort}	Ortalama

1. GİRİŞ

Tarih boyunca insanoğlunun yaşamında vazgeçilmez bir hammadde kaynağı olan ağaç malzemenin; günümüzde giderek azalan orman varlığı olması nedeniyle, daha verimli işlenmesi ve daha uzun süre kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Demir ve çelik gibi yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında, yoğunluğunun düşük olmasına rağmen; kolay taşınabilmesi, hafif bir malzeme olmasına karşın çeşitli yüklemelere karşı direncinin yüksek olması, kolay işlenmesi, işlenme sırasında enerji tüketiminin az olduğu görülecektir. Değişik renk ve desene sahip olması, ses, ısı ve elektriği az iletmesi, kimyasal maddelerden az etkilenmesi, renklendirme, vernikleme gibi yüzey işlemleri uygulanarak daha çekici hale getirilebilmesi ve eskidikçe koyu renk ve güzel görünüm kazanması gibi nedenlerle ağaç malzeme, başta doğrama endüstrisi olmak üzere mobilya ve dekorasyonda tercih edilen bir materyal olarak karşımıza çıkmaktadır [Kurtoğlu, 2000].

Ağaç malzemenin yukarıda belirtilen olumlu özelliklerinin yanı sıra organik bir malzeme olmasından kaynaklanan yanabilme özelliği, böcekler tarafından tahrip edilebilmesi, mantarlar tarafından çürütülebilmesi, havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak değişen denge rutubetine göre boyutlarını değiştirebilmesi ve güneş ışınlarının etkisiyle renginin solması onun sakıncalı özellikleri olarak kabul edilmektedir [Kurtoğlu, 2000].

Ahşap malzemenin daha uzun ömürlü olması istenildiğinde bu durum, çoğu zaman koruyucu maddelerle kaplanarak veya emprenye edilerek sağlanır [Uysal, 2005]. Ağaç malzemenin kullanım yerinde korunmasının gerekliliği asırlar önce dahi kabul edilerek, çeşitli önlemler alındığı görülmektedir. Arkeolojik kazılar ve batık gemilerin incelenmesi göstermiştir ki; ağaç malzemenin kısmen kömürleştirilerek korunması 4000 yıl önce alınan ilk önlem olarak ortaya çıkmaktadır. Efes'teki "Diana Mabedi"nin kömürleştirilmiş ağaç direkler üzerine oturtulması örnek olarak verilebilir. Çin, Mısır, Yunan ve Roma medeniyetlerinde ağaç malzemeyi korumak için bitkisel, hayvansal ve mineral yağlardan yararlanıldığı tespit edilmiştir. Roma

medeniyetlerinde özellikle zeytinyağı ve bezir yağının; Burma Medeniyetinde ise gemi ve binalarda petrol yağının bu maksatla kullanıldığı görülmektedir. Mısırlılar diğer bir önlem olarak ağaç malzemeyi kuru tutarak tahrip olmasını engellemeyi başarmışlardır. Yunanlıların M.Ö. 500 yıllarında binalarda kullandıkları ağaç malzemeye delikler açarak içine yağ akıttıkları, yağın derin bir şekilde nüfuzunu sağladıktan sonra, taş materyal üzerine yerleştirip ve kuru olarak muhafaza ederek koruma sağladıkları belirtilmektedir. Yapıştırıcı maddelerin kullanımı eski mısır dönemlerine kadar gitmektedir. Ahşap tutkalının 17. yy’ da endüstriyel olarak kullanımına başlanılmıştır [Huş, 1977].

Ahşabın yapılarda taşıyıcı malzeme olarak kullanılması 19 y.y. başlarıdır. Endüstri devriminden sonra malzeme teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak mimari anlayış belirli ölçüde özgürlük kazanmıştır. Gelişen ekonominin ve tekniklerin etkisiyle doğal ahşap yeniden yorumlanarak, ahşaptan kompozit malzemeler elde edilmeye başlanmış, kullanım alanı genişlemiş ve esneklik kazanmıştır. II. Dünya savaşı ve onu izleyen yıllarda sanayi kollarında geliştirilmiş olan tutkal çeşitleri ile birlikte “tutkalı lamine konstrüksiyonlar” ortaya çıkmış ve bu da mimaride ahşap kullanımına farklı boyutlar getirmiştir [Beceran, 2000].

Lamine ağaç malzeme yapı sektöründe ticari olarak kullanılan en eski ahşap malzemedir. Son yıllarda, lamine teknolojisindeki gelişmeler lamine ağaç malzeme kullanımının artmasında önemli rol oynamıştır. Lamine ağaç malzeme ile masif malzeme karşılaştırıldığında, lamine ağaç malzeme, masiften daha geniş ebatlarda ve daha kusursuz malzeme olarak ön plana çıkmaktadır [Bozkurt ve Göker, 1987; Dilik, 1997].

Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi kusurlarından arındırılması ve eğri formulu imalatlarda diyagonal liflilik oluşmaması için laminasyon tekniği geliştirilmiştir. Böylece küçük boyutlu ağaç malzemelerden yüksek kalitede ve istenilen formda lamine masif ağaç malzeme üretilmektedir. Laminasyon tekniği ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak kullanılmasına imkân sağlamakta ve üretilen malzemenin kalite özellikleri masif ağaç malzemedan iyi olmaktadır.

Lamine ağaç malzemenin bir diğer önemli avantajı ise, çok çeşitli kesitlerde kullanılabilmesidir. Lif yönü, tutkal tipi, ağacın yoğunluğu ve lamine kalınlığı gibi üretim parametreleri ve hammaddelerin çeşitliliği, lamine oluşturulmasında ve son ürünün kalitesinde önemli bir rol oynar [Godman, 1988; Kurtoglu, 1979; Moody ve Hernandez, 1997; Rickter ve Schwab, 1992; Youngquist ve ark., 1984, Youngquist ve Braynt, 1979].

1.1. Problemin Tanımlanması

Ağaç malzemenin termik özelliği, direncinin yüksekliği, kolay işlenmesi, iyi boya ve cila kabul etmesi, sesi absorbe etmesi, kullanıldığı yerde sıcak ve hoş bir hava yaratma gibi özelliklere sahip olması, gerekli koruyucularla ve doğal olarak onun kullanımını öne çıkartmaktadır. Anatomik ve kimyasal yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri çok farklı olan ağaç malzemenin 5000'den fazla kullanım yeri bulunmaktadır. Ağaç malzeme her türlü açık hava şartlarında doğrudan olduğu gibi diğer yapı malzemeleri ile birlikte yardımcı malzeme olarak da kullanılmaktadır. Bu durumda, bozulan malzemenin yenilenme maliyetinin giderek yükselmesi çok önemlidir. Bu nedenle, günümüzde ağaç malzemeyi uygun koşullarda kullanarak dayanıklı bir malzeme haline getirme çalışmaları sürat kazanmıştır. Tüm bu çalışmalarda güvenilir ve tutarlı sonuçlar ile birlikte uygun standart, uygun malzeme ve uygulanma usullerinin ortaya konması esas alınmıştır [Yazıcı, 2005].

Herhangi bir koruyucu ile korunmadan ve uygun tür seçilmeden kullanılan ağaç malzemenin fiziki ve ekonomik ömrü sınırlıdır. Ağaç malzemenin çeşitli teknikler yardımıyla koruyucu kimyasal maddelerle muamele edilerek kullanım süresinin uzatılması ve niteliklerinin iyileştirilmesi ise önemli bir gelişmedir. Açık hava şartları ise, çoğunlukla rutubet etkileri ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan fiziksel olaylar ve fotokimyasal reaksiyonları kapsayan uzun süreli karmaşık bir süreçtir. Açık hava şartlarında kullanılacak ahşap malzemenin türünün, direnç özelliklerinin değişiminin, dayanım süresinin ve maruz kalınan zararlı faktörlerin bilinmesi gerekmektedir.

Ağaç malzemeye etki eden etmenler; ışınlama, termal radyasyon, rutubet değişimleri, rüzgâr, yağmur, dolu, toz, hava kirliliği, mikro organizmalar, fotokimyasal degradasyon gibi atak ve olaylardır. Bunların etkisi ile ağaç malzemede oluşacak deformasyon, çatlak, yıkanma, hidroliz, erozyon ve renk değişiminin yönelme koşulları zaman faktörü ile odun özelliklerine göre değişmektedir.

Açık hava şartlarına karşı koruma, ağaç malzemede biyotik ve abiyotik zararlılara karşı alınacak önlemleri içine almaktadır [Rowell, 1987]

Her tür açık hava şartlarında ağaç malzeme farklı direnç özellikleri gösterir. Odunun biyolojik veya fiziksel etmenler tarafından bozundurulması organik bileşiklerin bazılarını değiştirir. Bu nedenle, farklı türlerin etkilenim şekil ve süreçlerinin tespiti son derece önemlidir. Bununla birlikte, uygun koruyucu madde ile yüzeysel ve derinlemesine yapılan muameleler, ağaç malzemeyi açık hava şartlarında korumanın son derece önemli aşamasını oluşturmaktadır. Açık hava etkisinde kalan odun üzerinde farklı faktörlerin etkisi sonucu yanma, renk değişimi, kimyasal degradasyon, aşınma, yüzey sertleşmesi, liflerin ayrılması ve direnç kaybı gibi nisbi etkiler oluşmaktadır. Belirli zaman dilimlerinde ise odun bünyesinde kimyasal değişimler söz konusudur [Yazıcı, 2005].

Her ne kadar, ağaç malzeme sahip olduğu anatomik ve kimyasal yapısı nedeni ile bazı dış etkilere karşı yeterli dayanıklılığı ve direnci gösterecek doğal dayanıklılığa sahip olsa da, açık hava şartlarına uzun süre dayanamaz. Bu nedenle ağaç malzeme, çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilmekte, kullanım yerine uygun çeşitli koruyucu ve katman yapıcı maddeler ile üst yüzey işlemleri yapılmakta veya kimyasal olmayan konstrüktif önlemler ile (doğal, biyolojik ve alternatif odun koruması) korunabilmektedir [Kurtoğlu, 1984].

Boya, yüzey işlem maddeleri ve derine nüfus eden koruyucu maddeler odunu uzun süreli korumakta ve dış ortamlarda dayanım sürelerini arttırmaktadır. Ağaç malzeme, açık hava şartlarına karşı yaygın olarak boya ve verniklerle korunmaktadır.

Verniklere oranla boyalar daha iyi sonuç vermektedir. Ayrıca, suda çözünen tuzları içeren emprenye maddeleri de kullanılmaktadır [Kılıç ve Hafızoğlu, 2007].

1.2. Hipotez

Lamine ağaç malzeme gerek iç mekânlarda gerekse dış ortamlarda yaygın bir kullanıma sahiptir. Kamelya, bahçe ve teras mobilyası, ahşap ev ve köprü yapımı dış ortamda ki uygulamalarından bazılarıdır. Herhangi bir işlem ile muamele edilmeyen ağaç malzeme abiyotik faktörlerin etkisinde kalarak değişimlere uğramaktadır. Uzun süreli periyotlar içerisinde gerçekleşen bozunumlar (degradasyon) ağaç malzemenin yüzeyinde renk değişimi ile başlar ve bu değişimler ileri aşamalarda fiziksel, kimyasal ve anatomik yapılarda da görülür. Ayrıca lamine ağaç malzemede katmanların bir birinden ayrılmasına kadar gelişime devam edebilir.

Açık hava şartlarının meydana getirdiği bu karmaşık değişimler yüzeyde film tabakası oluşturan sentetik esaslı yarı şeffaf dış cephe verniği uygulaması ve malzemenin derinlemesine nüfuz edebilen su itici emprenye uygulaması ile geciktirilebilir veya önlenabilir. Böylece dış ortamın bozunduruca etkilerine karşı ağacı daha etkili bir koruma sağlayarak yüzeyde renk değişimi, kimyasal bozunma, aşınma, yüzeyde aşırı sertleşme, boyutsal değişim, çarpılma, liflerin birbirinden ayrılması gibi istenmeyen bozunmalar engellenebilir. Lamine ağaçta ise katmanların açılması önlenbilir.

Dış ortamda bekletme süresi ile UV ortamda bekletme sürelerinin birbirlerini temsil etme oranı ön kabul ile 1 yıl dış ortamda bekletme 240 saat UV ortamda bekletmeye denk gelebilir [Erdin, 1998].

1.3. Çalışmanın Amacı

Açık hava etkileri (weathering) ağaç malzeme için önemli bir risk faktörüdür. Işık ultraviyole radyasyon (UV,IR), rutubet (yağmur, kar, nem, çığ), mekanik güçler (rüzgar, kum, kir) ve sıcaklık etkisi açık hava etkileri olarak tanımlanır. Bu etkiler

neticesinde ağaç malzemenin renginde, kimyasal ve fiziksel yapısında bazı değişimler meydana gelmektedir. Meydana gelen bu olumsuz değişimler (ağaç malzemede yaşlanma) ağacın kullanım ömrünü kısaltması ve ayrıca bozunan malzemenin yenilenme maliyetinin giderek yükselmesi bakımından çok önemlidir.

Bu çalışmada, dış ortamın bozundurucu etkilerine maruz kalan, farklı tutkallar kullanılarak yapıştırılmış lamine ağaç malzemelerin hücre boşluklarını doldurmak ve kısmen de hücre çeperlerini kaplamak suretiyle koruyucu bir dış ve iç tabaka oluşturan parafin vaks/bezir yağı karışımı ve sentetik esaslı dış cephe verniği ile muamele edilerek açık hava şartlarına ve laboratuvar da hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılan lamine ağaç malzemelerin bünyesine su alımını azaltmak veya kontrol etmek ve bunun sonucu olarak açık hava şartlarının bozundurucu etkisine karşı oluşan performansının belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.4. Çalışmanın Kapsam ve Yöntemi

Bu çalışmada belirtilen amaçlara ulaşmak için izlenen yöntemler sistematik olarak şu şekilde ifade edilebilir:

- Literatür araştırmasının yapılması,
- Mobilya ve dekorasyon endüstrisinde yaygın olarak kullanılan iğne yapraklı ağaçlardan, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), yayvan yapraklı ağaçlardan, meşe (*Quercus petraea* L.) , Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill) odunlarının büyüme kusuru ihtiva etmeyen parçalardan kesme yöntemi ile elde edilmiş 2 mm kalınlığında ki papel kaplamalar temin edilerek Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya Dekorasyon Bölümünün kereste deposunda yeterli hava sirkülasyonu olan kısmında istif edilerek hava kurusu haline getirilmesi için bekletilmesi,
- Hava kurusu haline getirilen papel kaplamaların, açık hava şartlarına dayanıklı vinyl tree ketonol acetate (VTKA), polivinil asetat (PVAc)-D₄, melamin formaldehit, resorsin formaldehit tutkalları ile yapıştırılarak 1200x220x20 mm boyutlarında lamine levhaların üretilmesi,

- Yapılacak testlere göre deney örneklerinin hazırlanması,
- Elde edilen deney örneklerinin hava kurusu hale getirilmesi,
- Hava kurusu yoğunluğunun belirlenmesi,
- Deney örneklerinin emprenye edilmesi,
- Emprenyelenen örneklerin retensiyon miktarının belirlenmesi,
- Deney örneklerinin verniklenmesi,
- Emprenyelenen, verniklenen ve kontrol (işlemsiz) deney örneklerinin hızlı yaşlandırma yapılacak olanlar ultraviyole (UV) cihazına (240 saat), doğal yaşlandırma (360 gün) yapılacak olanlar Gazi Üni. T.E.F bahçesindeki standı yerleştirilmesi,
- Yaşlandırma yapılan deney örneklerinin;
 - Boyutsal değişiminin,
 - Şekil bozukluğunun (çarpılma/ burulma),
 - Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı),
 - Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) gibi bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi,
- Deney sonuçlarının ilgili standart ve literatürle karşılaştırılması,
- Sonuçların yorumlanması ve değerlendirilmesi.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Sarıçam deney örnekleri amonyum bakır quat (ACQ_1900 ve ACQ_2200), krom bakır arsenat (CCA), tanalit E 3491 ve wolmanit CX-8 ile emprenye yapılarak 2 saat UV-ışığa bunu takiben 18 dak. su spreyi (ASTM G-53) toplam 0,200,400 ve 600 saatlik yapay yaşlandırmaya tabi tutulmuştur. Örneklerde oluşan tahribat FTIR Spectroskopi ve renk ölçümü belirlenmiş ve en az yıpranmanın ACQ_1900 ve CCA'dan elde edildiği bildirilmiştir [Temiz, 2005].

Güney çamı krom bakır arsenat (CCA) basınç altında ve CrO_3 ise fırça ile deney numune yüzeyine sürülmek suretiyle emprenye yapılmış ve yaşlandırmaya dayanımı tespit edildiği bildirilmiştir. Bunun içinde 6500-W xenon ark lambalarıyla 2400 saatlik yapay yaşlandırma uygulanmış ve yaz odunu erozyon oranı ilkbahar odunu erozyon oranından daha düşük çıktığı fakat benzer eğilimler gösterdiği, yüzeye uygulanan CrO_3 emprenye maddesinin yaklaşık olarak %40 (0,116 dan 0,070 $\mu\text{m/saat'e}$); CCA emprenye maddesinin %77 (0,116 dan 0,027 $\mu\text{m/saat'e}$) oranında erozyonu azalttığını ve bu azalışın Cr konsantrasyonuna veya ahşap yüzeyine yakınlığı ile doğrudan ilişkili olduğu bildirilmektedir [Williams, 1991].

Batı kırmızı sedir, Güney çamı, kayın numune yüzeylerine yarı şeffaf boya sürülerek 6500-W xenon arc lambalarının kullanıldığı, ortam sıcaklığının 45–50 °C ve %50 rutubet şartlarında 1 saat su spreyi 6 saat uv olacak şekilde döngü oluşturulup 0,50,150,300 ve 2400 saatlik yapay yaşlandırma ve Wisconsin Madison'da doğal yaşlandırma uygulanmıştır. Her iki yaşlandırma sonucu bir biriyle karşılaştırılmış ve boya sürülmemiş örneklerle yapılan 2400 saatlik hızlandırılmış yaşlandırmanın 4–5 yıllık doğal yaşlandırmanın yapmış olduğu bozunma denk geldiği bildirilmektedir. Aynı çalışmada su ve ışık etkisiyle oluşturulan yapay yaşlandırmanın sadece ışık veya su etkisiyle yapılan yaşlandırmaya göre daha etkili olduğu, 2400 saat' lik yapay yaşlandırma sonucunda ağaç türlerinin hepsinde hemen hemen aynı miktarda bozunma uğradığı, yalnızca Batı kırmızı sedir'de bozunma hızının diğerlerine göre daha hızlı olduğu bildirilmektedir [Erin, 1998].

EDS analizi sonuçlarına göre yaşlandırma sonucu numunelerde C miktarları yükselmiştir. Bunun nedeni, ligninin absorpsiyon piklerinde kademeli olarak azalma meydana gelmektedir. Karbonil gruplarının yükseliş göstermesi, selüloz ve ligninin oksidasyonu sonucu meydana gelirken, lignin içeriğindeki düşüşün sebebi ise; ligninin ultraviole etkisi ile bozunumu ve çözülebilir bozunma ürünlerinin yağmur etkisi ile ağaç malzeme yüzeyinden uzaklaşması olarak gösterilmektedir [Feist ve Hon, 1984].

Bazı krom içerikli kimyasal emprenye maddeleri ile ön emprenye işlemine tabi tutulan iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda emprenye sonrası uygulanan üst yüzey işleminin dış ortam koşullarında üst yüzey işlem maddelerinin ömrünü 2 katdan daha fazla artırdığını bildirmişlerdir [Feist, 1979].

Titrek kavak (*populus tremuloides*) örnekleri saydam ve yarı saydam verniklerle verniklenerek kuzey Wiskonsin, kuzey missisipi ve Washington'da açık havaya maruz bırakılmış ve dış etkilere karşı dayanım testleri yapılmıştır. İçerisinde boya maddesi bulunmayan saydam olarak muamele edilen koruyucunun, Wiskonsinde 36, Washington'da 24, Missisipide ise 7 aya kadar dış etkilere karşı dayanım gösterdiği görülmüştür. Koruyucu madde yarı saydam olarak muamele edildiğinde sonuçların saydam olan ahsap malzemeye göre çok daha iyi olduğu görülmüştür. 10 yıla kadar bile koruma sağladığı tespit edilmiştir [Feist, 1990].

Fenol formaldehit ile emprenyeli ağaç malzemenin dış ortam koşullarında güneş ışığı ve yağmurların neden olduğu degradasyona karşı bozunumları incelenmiş ve fenol formaldehit ile emprenyeli deney örneklerinin renk stabilitesi, fiziksel performans özellikleri, biyolojik özellikler ve kırılma çatlama vb. özellikler bakımından kontrol örneklerine oranla daha yüksek performans özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir [Sudiyani ve ark., 2001].

Adiata çamından elde ettikleri kaplamaların (85 µm kalınlığında) asitte çözünmeyen lignin oranının ilk beş günlük dış ortamda bekletme sonucunda %26,2'den %20,3'e

hızlı bir şekilde azaldığını, ilerleyen günlerde ise bu azalmanın daha yavaş devam ettiğini belirlenmiştir [Evans ve ark., 2002].

Elektron spektroskopisi çalışmasında; oksitlenmeye uğramış yüzeylerde oksijen içeriğinin karbon içeriğine göre daha fazla olduğu ve sonuç olarak dış ortamda bekletilmiş odun yüzeyinin selüloz bakımından zengin olduğu ve çözünebilir ligninin bozunma ürünlerinin yağmur suları ile yıkandığı tespit edilmiştir [Agnes ve Young, 1999].

Sarıçam odun katmanları asitlendirilerek %5–10–15 ve %20 ağırlık kazandırılmış ve doğal yaşlandırma yapılmıştır. Düşük ağırlık artışı kazanmış ve yaşlandırma’ e maruz bırakılmış odun katmanlarında ve emprenye yapılmamış kontrol örneklerinde selüloz ve lignin ayrışmasının artmasından dolayı çekme mukavemetinde büyük kayıplar görülmüştür. %20 ağırlık kazandıran asitleme işlemi doğal yaşlandırma süresince madde ve holoselüloz kaybını sınırlamıştır. Başlangıçta asitleme selüloz ayrışmasını az azalttığı ve 35 gün sonra kaplamanın katman direncinde en düşük kayıplar gösterdiği görülmüştür. Ağaç bloklarına %20 ağırlık kazandıran asitleme, odun sekonder hücre çeperi S3 katmanında küçük bir nem artışına ve lümen ölçüsünün azalmasına sebep olmuştur. Asitlendirilmiş yaz odunu hücreleri formlarını ve yaşlandırma süresince radyal durumlarını korumuş, fakat orta lamel erozyonunu önleyememiştir [Treu ve ark., 2001].

Katranla (kreozot) emprenye yapılmış meşe odununda yaşlandırma’ in etkisini araştırmak için yapılan çalışmada, weatherig’e tabi tutulmuş odun malzeme örneklerinde görülen kahverengi çürüklük, ağırlık kaybı ve bazı fiziksel özellikler bakımından beyaz çürüklükten daha büyük etkilere sebep olmuştur. Ağırlık kaybı %43–47, kalınlık değişimi %2,35 ten %17,83, hacim değişikliği %6,89 dan %28,51 ve yoğunluk değişikliği %3,26 dan %26,40 değerleri arasında değişmiştir. Doğal yaşlandırılmış örnekler yapay yaşlandırılmış örneklere göre mantar saldırılarına karşı daha dayanıksız olup, %3,41’den %8,55’e kadar ulaşmış olduğu bildirilmektedir [Chow ve Bajwa, 1997].

Mantar türü ve yapay yaşlandırma döngü sayısı ağacın fiziksel özelliklerinin tahribatında önemli olduğu ve ağırlık kaybı ile retensiyon arasında da ilişki olduğu görülmüştür. Çürüklük direnci esas alınarak, laboratuarda yapay yaşlandırmanın 6 tekrarı demiryolu peronlarındaki doğal yaşlandırmanın 20 yılından daha fazlasına tekabül ettiği bildirilmektedir [Chow ve Bajwa, 1997].

Ağaç esaslı malzemeler [ondört fenolik bağlı ağaç esaslı malzeme, bir fenolik bağlı kontraplak ve iki masif ağaç malzeme) üzerinde doğal ve yapay yaşlandırma yapılmıştır. 7 ile 12 yıl doğal yaşlandırma süresi sonucu malzemelerin performansı, malzemelerin kopma modülü (MOR), elastikiyet modülü (MOE), iç yapışma direnci (IB) ve kalınlık artışı (TS) periyodik olarak belirlenmiştir. Aynı malzeme örnekleri kaynatma- kurutma (BD) döngüsü, vakum-basınç-kurutma (VPSD) ve ASTM D 1037 testinde kapsayan hızlandırılmış (yapay) yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Performansta en büyük düşüş doğal yaşlandırmanın birinci yılı sonrasında gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. En düşük performanslı levhalar 3 yıl içerisinde ilk kopma direncinin %50'inden daha fazlasını kaybetmiştir. En dayanıklı levhalar 10 yıllık süreden sonra kopma dirençlerinden %50'inden daha azını kaybetmiş ve masif ağaç malzemenin direnç kaybına yakın bir değer göstermiştir [River, 1994].

QUV-B 313 floresan lambası kullanılarak polimerik kaplama malzemelere 100 saatlik yapay yaşlandırma yapılmış, yaklaşık olarak 2688 saatlik doğal yaşlandırmaya karşılık geldiği bildirilmiştir [Mallon ve ark., 2002].

Düzgün yüzeyli parçaların yapıştırılmasında yeterli basınç uygulandığında, tutkalın bir yüzeyden diğer yüzeye transferi yeknesak olmakta ve yapışma direnci en iyi sonuç vermektedir. Kusursuz yüzeylerin birleştirilmesinde 0,7 N/mm² basınç uygulandığında, yapışma direnci en yüksek değere ulaşmaktadır [Franklin, 1989].

Yapıştırıcı maddenin odun içerisine nüfuz ettiği derinlik, tutkalın viskozitesine bağlı olmakla birlikte, odunun tutkallanan yüzeylerindeki rutubet derecesine göre farklı olduğunu, odundaki su miktarı arttıkça yapışma direncinin azaldığını belirlemiştir [Bergin, 1967].

Polivinilasetat (PVAc) emülsiyon tutkalı ahşap birleşmenin sıcaklığı 60 °C–80 °C'ye kadar arttırıldığında birleşme yerindeki sertleşmiş tutkal katmanının çözüldüğü bildirilmiştir [Corey ve ark., 1977].

Kimyasal sertleşen aminoplastik ve fenoplastik esaslı tutkallarda sıcaklık artışı yapışma sürecinde tepkimeyi hızlandırıcı etki yapar ve tepkimenin tamamlanmasından sonra geri dönüşümsüz bir sertleşme meydana gelir. Bunlardan melamin reçinesi esaslı ahşap tutkallarında 75 °C–80 °C (140 °F) sıcaklığa ulaşıldıktan sonra sertleşmenin gerçekleştiği ve yapışmanın başladığı bildirilmiştir [Maninal, 1977].

Üre-formaldehid tutkalının suya karşı direncini artırmak amacıyla polivinil alkol ve melamin ile modifiye etmiştir. Böylece tutkaldaki serbest formaldehit azaldığını çekme direnci değerlerine göre yapışma direncinin arttığı bildirilmiştir [Shen, 1977].

Sarıçam, Doğu kayını, meşe ve akasya odunlarından hazırlanan odun örneklerini 20 °C, 40 °C, 60 °C ve 80 °C'lik ortamlarda iki saat beklettikten sonra çekme deneyi uygulanmıştır. Deney sonucunda PVAc ve UF tutkalı deney örneklerinde sıcaklık arttıkça yapışma performansının azaldığı, azalma miktarının UF tutkallarında PVAc tutkalılarına ve akasyada diğer ağaç türlerine göre daha küçük olduğu tespit edildiği bildirilmiştir [Altınok, 2002].

Melamin ilaveli üre formaldehit reçinesiyle üretilmiş olan lamine edilmiş tabakalı malzemeler (LVL) ile üre formaldehit, melamin-üre formaldehit ve fenol formaldehit reçineleri ile üretilmiş olan lamine edilmiş tabakalı malzemelerin elastikiyet modülü, eğilme direnci, makaslama direnci ve formaldehit emisyonu değerlerini karşılaştırmak ve iki ayrı iklimlendirme koşullarında kondisyonlama işleminin çam lamine edilmiş tabakalı malzemelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla levhaların üretiminden sonra test örnekleri, iki gruba ayrılmıştır. Test edilmeden önce ilk gruptaki örnekler 20 °C sıcaklık ve %45 bağıl nem, diğer gruptaki örnekler ise 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem koşullarında yaklaşık iki hafta süre ile bekletilmiştir. Deney sonuçlarına göre, 20 °C sıcaklık ve

%45 bağıl nem koşullarında bekletilen örneklerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri, diğer iklim koşulunda bekletilen örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Belirlenen bu direnç değerlerindeki artışlar, fenol formaldehit tutkalı ile üretilen örnekler için, diğer tutkal türleri ile üretilenlerden daha belirgin olduğu tesbit edilmiştir. Melamin ilavesi ile formaldehit emisyonunun azaldığı, çekme-makaslama direnci değerlerinin ise artmış olduğu bildirilmiştir [Çolak ve ark., 2005].

Meşenin tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlığının kestane ve sarıçam iki ağaç türüne oranla daha yüksek olduğu, boşluk hacminin (porozite) daha düşük olduğu odununa göre ve hem diri hemde öz odununda diğer iki ağaç türüne oranla daha az ekstraktif madde içerdiği görülmektedir. Meşe pH bakımından ise diğer iki ağaç türü ortasında bir değer vermiştir. Bu nedenlerle bütün ortamlarda meşe odunu en iyi yapışma değerini verdiği bildirilmiştir [Kaygın, 2002].

Lâmine katlarda bulunan budak sayısı, budak çapı ve iki budak arası mesafenin üretilen malzemenin mekanik özelliklerini etkilediğini, iki budak arası mesafenin en az 9 cm olması gerektiğini bildirmişlerdir [Wolf ve Moody, 1979].

Çam, göknar, kayın, meşe ve akça ağaç odunlarının PVAc ve epoksi tutkalı ile yapıştırılması ile elde edilen ağaç malzemedede tutkal çeşidinin yapışma direncine etkisinin, lifler yönünde çekme, basınç ve yarıma direncinde önemli olduğunu bildirmiştir [Demetçi, 1991].

Doğrama üretiminde yaygın olarak kullanılan kızılçam (*Pinus brutia* T.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarından ÜF ve PVAc tutkalları kullanarak üretilen lâmine pencere profillerinin bazı teknolojik özelliklerini belirlemiştir. Tutkal farklılığı, lamel kalınlığı ve yıllık halka düzenlemelerinin lâmine ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir [Dilik, 1997].

Üreformatdehit (ÜF) ve PVAc tutkalları kullanılarak üretilen lamine pencere profillerinin kalınlıkça daralma miktarları kızılçam kullanılması halinde ÜF'de %4,7,

PVAc tutkalında %4,4, sarıçam için ÜF'de %4,31 PVAc'da %4,95 bulunmuştur [Dilik, 1997].

Su buharında bekletme sonucunda örneklerdeki boyutsal artışlar kalınlık bakımından PVAc tutkallı kavak odunundan üretilen lamine malzemede % 2,36 ve liflere dik yönde genişlik bakımından üretilen formaldehit tutkalı kullanılarak kavak odunundan elde edilen lamine malzemede % 2,82 olarak bulunduğunu bildirilmiştir [Uysal ve ark., 2005].

2 ve 4 mm kalınlığındaki kızılâğaç kaplamalarından PVAc ve poliüretan tutkalları kullanılarak elde edilen lamine levhaların hava kurusu yoğunluğu 2 katmanlıda 0,59 g/cm³, 4 katmanlıda 0,47g/cm³ bulunmuştur [Kılıç, 1997].

Ağaç malzemede yoğunluk, lif yönü ve hücre boyutunun lamine kirişlerin mekanik özelliklerini etkilediği, yoğunluğu 0,36 g/cm³ ve daha az olanlar hafif, 0,36-0,50 g/cm³ arası olanlar yarı ağır ve 0,50 g/cm³ üzerinde olanların ise ağır olarak nitelendirdiği bildirilmektedir [Vurdu, 1985].

Aynı bekletme ortamına bırakılan lâmine ağaç malzemede tutkal hattına dik çekme direncini en yüksek masif-masif (16,2 kgf/cm²), daha sonra masif-kaplama (9,7 kgf/cm²) ve en düşük kaplama-kaplamada (7,7 kgf/cm²), suda bekletilen örneklerde en fazla direnç azalmasını masif-masifte (%50) belirlemiş, diğer örneklerde bekletme ortamına göre direnç değerleri arasında fark olmadığını bildirmiştir [Laufenberg, 1982].

Doğu kayını, sarıçam, sapsız meşe odunlarından hazırlanan deney örneklerinin yapıştırılmasında, Desmodur-VTKA tutkalı kullanılarak; klimatize etme, soğuk suda bekletme, kaynatma ve münavebeli kaynatma işlemlerinden sonra çekme ve makaslama direnci deneyine tabi tutulmuşlardır. Sonuç olarak en yüksek çekme direnci kontrol örneklerine göre sapsız meşede 24 saat soğuk suda bekletme sonucunda (11,73 N/mm²) elde etmiştir. Ayrıca uzun süreli münavebeli kaynatma işleminin sonunda yapışma noktalarında ortalama %50 direnç kaybı olduğu

bildirilmektedir Desmodur-VTKA tutkalının kuru veya rutubetli iç ve dış mekanlarda kullanılabileceği açıklanmıştır [Özçifçi ve ark., 1997].

Sarıçamda yüksek retensiyon elde edilmesi iğne yapraklı ağaçların boyuna yönde sıvı akışını sağlayan geçit çiftlerinin açık olmasından kaynaklanabilir [Örs ve ark., 1999].

Üre-formaldehit tutkalının suya karşı direncini artırmak amacıyla, polivinil alkol ve melamin ile modifiye edilmiştir. Böylece tutkaldaki serbest formaldehit miktarının azaldığı, çekme direnci değerlerine göre yapışma direncinin arttığı belirlenmiştir [Shen, 1997].

Ağaç işleri endüstrisinde kullanılmak üzere üretilmiş olan Klebit 303, Kleiberit 305.0, Süper Lackleim 308 tutkallarının ağaç malzemelerden; Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L), sapsız meşe (*Quercus Petraeae* Spp.) ve sarıçam (*Pinus Sylevstris* L.) odunlarında yapışma dirençlerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre; en yüksek çekme direnci Klebit 303 tutkalı ile Doğu kayını (89,80 N/mm²) ve sapsız meşe (89,50 N/mm²), en düşük çekme direnci ise Süper Lackleim 308 tutkalı ile sapsız meşe (50,18 N/mm²) ve Klebit 303 tutkalı ile Sarıçam (50,45 N/mm²) olarak verdiği bildirilmiştir [Örs ve ark., 1998].

Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L), Sapsız meşe (*Quercus Petraeae* Spp.), Sarıçam (*Pinus Sylevstris* L.) ve Dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ahşap malzemeleri, NaOH+H₂O₂, NaOH+Ca(OH)₂+ H₂O₂, HClO ve HCl çözeltileri ile rengi açıldıktan sonra PVAc tutkalı ile yapışma dirençleri belirlenmiştir. Yapışma deneyleri sonucunda; doğal malzemeye göre rengi açılan tüm ağaç türlerinin yapışma mukavemetinde azalma olduğu bildirilmiştir [Atar ve ark., 1999].

Sarıçam, sedir, akasya ve meşe odunlarından hazırlanan örnekler ST10, ST10+% 10 UF, ST10+% 20 UF, ST10+% 30 UF karışımlarıyla yapıştırıldıktan sonra yapışma direnci deneyi uygulanmıştır. Yapışma direnci, en yüksek standart atmosfer bekletme

ortamında %20 UF modifikasyonla yapıştırılmış meşe odununda, en düşük kaynatma deney ortamında %20 UF modifikasyonla yapıştırılmış akasya odununda elde edilmiştir [Altınok ve ark.,1999].

Doğu ladini (*Picea orientalis* Lipsky) odunundan PVAc-D4 tutkalı ile 5 katmanlı olarak hazırlanan lamine ağaç malzemeler kullanılmıştır. Doğu ladini'nin teknolojik özellikleri kendi türünü temsil eden masif (kontrol) ağaç malzemeye göre; hava kurusu yoğunluk değerinde % 3,86, hacimsel daralma miktarında % -7,29, liflere ve tutkal hattına dik eğilme direncinde % 3,20, eğilmede elastiklik modülü değerinde %2,79, liflere ve tutkal hattına paralel basınç direncinde %6,01, liflere ve tutkal hattına paralel makas-lama direncinde ise %4,7 oranında daha yüksek çıktığı bildirilmiştir [Keskin, 2003].

Sarıçam ve douglas göknarı odunlarında, poliüretan tutkalının en az rezorsin formaldehit tutkalı kadar güçlü bir yapışma gerçekleştirdiği belirtilmiştir. 3 farklı ıslak ortamda bekletildikten sonra ölçülen yapışma direnci değerlerinde poliüretan tutkalının rezorsin formaldehit tutkalı kadar güçlü olduğunun tespit edildiği belirtilmiştir [Kurt, 2006].

Doğu kayını, sarıçam ve sapsız mese odunları PVAc, Desmodur-VTKA ve Klebit 303 tutkalları ile yapıştırılarak elde edilen 3, 5 ve 7 katmanlı lamine örneklerinde en iyi sonucu PVAc tutkalı verdiği bildirilmiştir [Altınok ve Döngel, 1999].

Boraks ve çinko klörür emprenye maddeleriyle emprenye edilmiş sapsız meşe, kestane ağaç malzemelerin, Polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan esaslı Desmodur-VTKA (VTKA) tutkalları ile preslenerek üretilen 2,3 ve 4 katmanlı lamine ağaç malzemede en yüksek yapışma direnci kontrol örneklerinde, emprenye maddeleri ile işlem gören kontrol örneklerinde ise en iyi sonucu PVAc tutkalı verdiği bildirilmiştir [Okcu, 2006].

Sapsız meşe, sarıçam ve Anadolu kestanesinin öz ve diri odunları poliüretan, epoksi, resorsin formaldehit tutkalları ile preslenerek, I (normal şartlar), II (soğuk su), III

(kaynar su) ve IV (deniz suyu) ortam şartlarına bırakılmıştır. Deney sonucunda yapışma direnci en iyi, bütün ortam şartlarında diri odunda, tutkal çeşidi bakımından karşılaştırıldığında ise bütün ortam şartlarının tamamında resorsin formaldehit tutkalı sağlamıştır. İkinci sırada epoksi tutkalı, 3'üncü poliüretan tutkalı ise, diğer iki tutkala oranla daha düşük yapışma yapışma direnci verdiği bildirilmiştir [Kaygın, 2002].

Lamine edilmiş Sarıçam'ın fiziksel ve mekanik özellikleri masif odun malzemeye göre; hava kurusu yoğunluk değerinde %4,84, hacimsel daralma miktarında %-3,39, hacimsel genişleme miktarında %-3,89, liflere ve tutkal hattına dik eğilme direncinde %2,68, eğilmede elastiklik modülü değerinde %2,74, liflere ve tutkal hattına paralel basınç direncinde %4,52, liflere ve tutkal hattına paralel makaslama direncinde ise %3,06 oranında daha yüksek olduğu bildirilmiştir [Keskin ve ark., 2003].

Lamine edilmiş ağaç malzemelerin masif ağaç malzemelere göre yoğunluklarının fazla olmasına rağmen daha az çalışma göstermişlerdir. Bunun nedeni laminasyonda kullanılan yapıştırıcının yüzeydeki hücre boşluklarını doldurarak odunun genişlemesini engellemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir [Keskin, 2001].

Batı kayını (*Fagus sylvatica*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarından PVAc-D4 tutkalı ile yapıştırılan lamine ağaç malzemeler BS EN 205'de belirtilen esaslara uygun olarak 4 farklı ortamda bekletildikten sonra DIN 53255 esaslarına uyularak çekme direnci deneyi uygulanmıştır. Deney sonuçlarına göre, farklı atmosfer şartlarının bulunduğu yerlerde Batı kayını odunundan PVAc-D4 (I: 18,8 N/mm², II: 12,0 N/mm², III:9,3 N/mm², IV: 15,1 N/mm²) tutkalı ile birleştirilmiş lamine ahşap malzemeler kullanılabileceği belirtilmiştir [Atar ve Özçifçi, 2005].

Polivinil-asetat (PVAc) tutkalını farklı oranlarda su ile seyreltmenin bazı ağaçlarda yapışma direncine etkisini belirlemek amacı ile Doğu kayını, sapsız meşe ve sarı çam odunlarından hazırlanan örnekler su ile farklı oranlarda hazırlanmış 5 değişik çözelti ve ambalaj viskozitesindeki PVAc ile EN 204'e göre yapıştırıldıktan sonra EN 205 esasları uyularak çekme deneyi uygulanmıştır. Deney sonuçlarına göre en yüksek

yapışma direnci Doğu kaynında ($7,347 \text{ N/mm}^2$), en düşük sarıçamda ($5,087 \text{ N/mm}^2$) bulunduğu bildirilmiştir [Atar, 2007].

Fenol formaldehit, PVAc, desmodur- VTKA ve üre formaldehit tutkalları kullanılarak, çam (*Pinus sylvestris* L.), kavak (*Populus tremula* L.) ve dut (*Morus alba* L.) odunlarından elde edilmiş laminenin boyutsal stabilitesi, TS 3639 standardına göre 2, 6, 12, 24, 48 ve 96 saat su buharı etkisinden sonra ölçülmüştür. Sonuçlara göre en yüksek yoğunluk, fenol formaldehitli lamine malzemede elde edilmiştir. En yüksek ağırlık artışı, %113 ile kavak ağacı kontrol örneklerinde, kalınlık artışı %7,99' luk ve liflere dik yöndeki genişlik artışı da %5,7'lik artış ile dut kontrol örneklerinde, liflere paralel artış ise %0,58'lik artış ile fenol formaldehit ve PVAc tutkalı kullanılarak dut odunlarından üretilen laminalarda belirlenmiştir [Uysal ve Kurt, 2005].

Masif ağaç malzemede yoğunluk, lif yönü ve hücre boyutunun lamine kirişlerin mekanik özelliklerini etkilediği, yoğunluğun $0,36 \text{ g/cm}^3$ ve daha az olanlar hafif, $0,36\text{--}0,50 \text{ g/cm}^3$ olanlar yarı ağır ve $0,50 \text{ g/cm}^3$ üzerinde olanların ise ağır olarak nitelendirildiği bildirilmektedir [Vurdu, 1985].

Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) odunlarından hazırlanan deney örneklerinin yapışma performanslarını belirlemek amacıyla PVAc, Desmodur-VTKA, Kleiberit 569 tutkalları ile yapıştırılmıştır. Hazırlanan deney örneklerine, ağaç malzemeler için TS EN 205 göre çekme deneyi uygulanmıştır. Sonuç olarak; en yüksek yapışma performansı, kayın odununda ($13,51 \text{ N/mm}^2$) olarak bulunmuştur [Yılmaz, 2006].

Kayın (*Fagus orientalis* L.Cavr.), Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Geartn.), Ladin (*Picea orientalis* L.) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tomruklarının diri odunundan $3 \times 3 \times 1.5$ cm boyutlarda hazırlanan örnekler, emprenye çözeltisine (%3 parafin vaks / %10 bezir yağı / %87 white spirit) 1/3 (20 dak.), 3 ve 24 saat daldırılarak emprenye edilmiştir. Sonra test ve kontrol örnekleri, destile su içinde 1/4 (15 dak.), 1 saat, 4 saat, 16 saat ve 24 saat bekletilmiştir. Deneyden elde edilen su alma oranı ve su itici

etkinlik değerleri istatistiksel olarak irdelenmiştir. Test sonuçlarına göre Emprenye süresi uzadıkça çözelti soğurulması, kuru madde tutunması ve su itici etkinlik artmış, su alma oranı ise azalmıştır. Suda bekletme süresinin uzamasıyla ise su alma oranı artmış, su itici etkinlik ise azalmıştır. Bu durum, zamanla parafin vaks/bezir yağının su almayı engelleyici etkisinin azaldığını göstermektedir [Var, 2001].

PVAc, VTKA, re formaldehit, fenol formaldehit tutkalları kullanılarak elde edilen lamine malzemelerin (PVAc’li kayın: $0,71 \text{ g/cm}^3$, VTKA’lı kayın: $0,73 \text{ g/cm}^3$, üre formaldehitli kayın: $0,74 \text{ g/cm}^3$, fenol formaldehitli kayın: $0,78 \text{ g/cm}^3$) yoğunluklarında ise artış gözlemlenmiştir [zifi ve ark., 2007].

3. GENEL BİLGİLER

3.1. Çalışmada Kullanılan Ağaç Malzemeler

Bu çalışmada ağaçları endüstrisinde yaygın olarak tercih edilen iğne yapraklı ağaçlardan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve geniş yapraklı ağaçlardan Sapsız Meşe (*Quercus petraea* L.), Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* L.), Anadolu kestanesi (*Castanea Sativa* Mill) odunları kullanılmıştır. Ağaç malzemelere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L)

Diri odunu geniş (yarıçapın üçte biri kadar), sarımsı veya kırmızımsı beyaz, öz odunu ise açık kırmızımsı kahve renklidir. Radyal kesitte yaz odunu birbirine paralel şeritler halinde görülür. Yıllık halka sınırları çok belirli ve hafif dalgalıdır. Radyal ve teğet kesitleri parlak, sık ve geniş reçine kanalları olan yumuşak odunlu bir ağaç türüdür [Örs ve Keskin, 2001]. Sarıçam odununun fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sarıçam odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [Bozkurt, 2000]

Yoğunluk	Do	0.49	gr/cm ³
	D ₁₂	0.52	gr/cm ³
Daralma Yüzdesi	β _r	4.0	%
	β _t	7.7	%
	β _v	12.1	%
Elastikiyet Modülü	E-Mod	11.700	N/mm ²
Eğilme Direnci	σ _e	98	N/mm ²
Çekme Direnci	σ _ç //	102	N/mm ²
Basınç Direnci	σ _b //	54	N/mm ²
Eğil Direnci	a	0.39	kN/cm

Kolay kurutulur, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır, iyi işlenir ve yapıştırılır. Yüzey işlemlerinde reçine sızıntısı nedeniyle güçlük çıkar. Güç cilalanır, öz odunu çok dayanıklıdır. Diri odununa mantar ve böcekler arız olabilir. Odununun rutubeti % 25’den fazla olduğu durumlarda ve 20–25 °C’lerde mavi renk oluşumu görülür. Öz odun güç, diri odun çok iyi emprenye edilebilmektedir [Bozkurt ve Erdin, 2000].

Yıllık halka sıraları belirgin olup yaz odunu traheidleri radyal yönde çok yassılaştırmış, kalın çeperli, dar lümenlidir. İlkbahar odununda traheidler geniş lümenli ve ince çeperlidir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş oldukça hızlıdır. İlkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerinde kenarlı geçitler büyük ve tek sıralıdır [Bozkurt ve Erdin, 2000].

Dar yıllık halkalı malzemeden doğramacılıkta, daha geniş yıllık halkalı malzemeden ise binaların karkas kısmında, toprak ve su tahkimatında, kaplama levha olarak ve kontrplakta, mobilyacılıkta, maden direği, tel direği, travers, lif ve yonga levha ile kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır [Bozkurt ve Erdin, 2000].

3.1.2. Sapsız Meşe (*Quercus petraea* L.)

Diri odunları dar, sarımsı beyaz renkte, öz odunları sarımsı kahve renklidir. Yıllık halka sınırları belirli, ilkbahar odununda büyük traheler birkaç sıra halinde, gözenekli bir halka teşkil ederler. Yaz odunu daha koyu renktedir. İletim dokuları radyal kesitte ve teğet kesitte çizikler halinde görülür. Enine kesitte merkezden çevreye doğru uzanan öz ışınları, biçilmiş parça yüzeyinde parlak aynalar halinde görülür. Yaz odunu traheleri, ilkbahar odunu trahelerini hemen takip etmeyip bir boşluk bulunur. Yaz odunu traheleri aynı irilikte olup, radyal yönde daha geniş, açık renkli şeritler teşkil eder [Bozkurt ve Erdin, 2000].

İşlenme özellikleri yıllık halka genişliğine bağlı olarak değişir. Aletler keskin olmalıdır. Çivileme güç ve ön delme işlemine gerek vardır. Yapıştırılması iyidir, ancak alkali tutkallarda lekelenme meydana gelebilir. Renklendirilebilir. Yüzeyler doldurulduktan sonra iyi cila kabul eder. Metallerle temasta mavi renk oluşur. Kurutmanın ilk safhalarında çok yavaş bir program uygulanmalıdır. Çatlamaya ve yarılmaya eğilimi nedeniyle çok yavaş kurutulur. Açık havada kurutmada ince istif lataları kullanılmalı ve enine kesitlerin korunması için önlem alınmalıdır. Fırında kurutmada, hızlı kurutma söz konusu olduğundan iç çatlakları ve çarpılmalar görülebilir. Kullanım yerinde stabilitesi orta derecededir [Bozkurt ve Erdin, 2000].

Sapsız meşe odununun fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Sapsız meşe odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [Bozkurt ve Erdin, 2000]

Yoğunluk	Do	0.67	gr/cm ³
	D ₁₂	0.69	gr/cm ³
Daralma Yüzdesi	β _r	5.08	%
	β _t	9.18	%
	β _v	14.51	%
Elastikiyet Modülü	E-Mod	11300	N/mm ²
Eğilme Direnci	σ _e	118	N/mm ²
Çekme Direnci	σ _ç //	88	N/mm ²
Basınç Direnci	σ _b //	60	N/mm ²
Eğil Direnci	a	0.68	kN/cm

Trahelerin tüllerle tıkalı olması sıvıların geçmesini engellediği için konyak, şarap ve bira fiçilerinin yapımında ideal bir malzemedir. Masif olarak mobilya, küçük gemi yapımında, doklarda, limanlarda, su içi inşaatlarda, vagon yapımında ve toprakla temas eden her çeşit kullanım yerinde değerlendirilir. Yüksek kalite marangozluk işlerinde, oymacılık, parke, karoser yapımı ve kesme kaplama levhaları olarak mobilya ile lambrilerde kullanılır [Bozkurt ve Erdin, 2000].

3.1.3. Doğu kayını (*Fagus Orientalis Lipsky*)

Doğu kayını, genel görünüşü bakımından kardeş tür olan Avrupa kayını'na çok benzer. Hatta bazı botanikçiler tarafından onun bir formu olarak kabul edilmektedir. 30–40 m ye kadar boy, 1 m ye kadar çap yapabilen Doğu kayını, dolgun ve düzgün gövdeli I. sınıf orman ağaçlarımızdandır [Hafizoğlu ve ark., 1994].

Kabuğu açık kül rengine olup, ince ve düzgün yapıdadır. Genç sürgünler kırmızımsı kahverengi renktedir. Yapraklar elips veya ters yumurta biçiminde olup, kenarları tam veya hafif dalgalıdır. Yaprak uçları, sivri uzun veya kısa olup, körpe iken kenarları kirpiklidir [Hafizoğlu ve ark., 1994].

Doğu kayını odununun, doğal görünümü kırmızımsı beyazdır. Doğu kayını odunu, dağınık küçük traheli olup, küçük traheler bütün yıllık halka içerisinde dağınık

durumda, özışınları kalın ve çok belirgin, radyal kesitte iri özışını levhaları, teğet kesitte iki ucu sivri iğ öz çizgileri bulunmaktadır. Traheler küçük olduğu için çıplak gözle görülememektedir. Enine kesitte, yıllık halkanın her tarafına dağılmış durumda ve yaz odununa gidildikçe sayı ve çapları yavaş yavaş azalmaktadır. Kalın ve parlak özışınları göze çarpıcı, aralarında düzenli olmak üzere 0,5–1 mm lik aralıklar bulunur. Yıllık halka sınırları belirgin ve yaz odunu ilkbahar odununa göre daha koyu renktedir. İki kalın öz ışını arasında yıllık halka biraz dışarıya doğru çıkık ve bombelidir [Hafızoğlu ve ark., 1994].

Radyal kesitte özışını levhaları parlak koyu renkte ve yüzeyin yaklaşık olarak 1/10 unu kaplamaktadır [Yaltırık, 1988]. Doğu kayını odununun fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Doğu kayını odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [Malkoçoğlu, 1994]

Yoğunluk	Do	0.68	gr/cm ³
	D12	0.72	gr/cm ³
Daralma Yüzdesi	β_r	4,95	%
	β_t	11,04	%
	β_v	16,21	%
Elastikiyet Modülü	E-Mod	13082,2	N/mm ²
Eğilme Direnci	σ_e	112,3	N/mm ²
Çekme Direnci	$\sigma_{\parallel}$	131,6	N/mm ²
Basınç Direnci	$\sigma_{\perp}$	57,2	N/mm ²
Eğil Direnci	a	0,95	kN/cm

3.1.4. Anadolu kestanesi (*Castanea Sativa Mill*)

Anadolu kestanesi (*Castanea Sativa Mill*)’nin genel olarak ağaç boyu 25-30 m, gövde orta çapı 1,5 m ve kullanılabilir gövde uzunluğu 6-10 m’dir. Diri odun çok dar (13 mm), gri ile hahverengimsi beyaz; öz odun ise taze halde gri-sarı ile soluk kahverenginde olup kesimden sonra koyulaşır. Yıllık halka sınırları, halkalı büyük traheli oluşu nedeniyle belirgindir. İlkbahar odunu traheleri büyük, enine kesitleri oval, 2-6 sıralı ve tüllerle tıkalıdır. Küçük yaz odunu traheleri genellikle radyal ve diyagonal sıralıdır. Öz ışınları çok ince olup belirgin değildir. Yapısal olarak meşeye çok benzer fakat geniş özışınları bulunmaması ile kolaylıkla meşeden ayırt

edilebilir. Oldukça sert ve orta ağırlıkta, mat dekoratif bir odunu vardır [Bozkurt ve Erdin, 2000].

Anadolu kestanesi odununun fiziksel ve mekanik özelliklerine ait bazı değerler Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Anadolu kestanesi odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [Bozkurt ve Erdin, 2000]

Yoğunluk	Do	0,59	gr/cm ³
	D12	0,63	gr/cm ³
Daralma Yüzdesi	β_r	4,3	%
	β_t	6,4	%
	β_v	11,3	%
Elastikiyet Modülü	E-Mod	8800	N/mm ²
Eğilme Direnci	σ_e	76	N/mm ²
Çekme Direnci	$\sigma_{\parallel}$	132	N/mm ²
Basınç Direnci	$\sigma_{\perp}$	49	N/mm ²
Eğil Direnci	a	0,56	kN/cm

Kurutulması güçtür, çatlama, dönüklük ve kollapsa eğilimlidir. İyi ve kolay işlenir, çok güç yarılır. Yeterli derecede yapıştırılabilir. Fazla tanen nedeniyle metallerle temasta koyu renkler oluşur. Çivi vida tutma kabiliyeti iyidir. Kolay cilalanabilir. Öz odunu dayanıklı, su altında kullanıldığında çok dayanıklı, diri odunu böceklerle karşı hassastır. Öz odunu çok güç emprenye edilmektedir [Bozkurt ve Erdin, 2000].

3.2. Dış Faktörlerin Ağaç Malzemede Yaptığı Bozunum (Degradasyon)

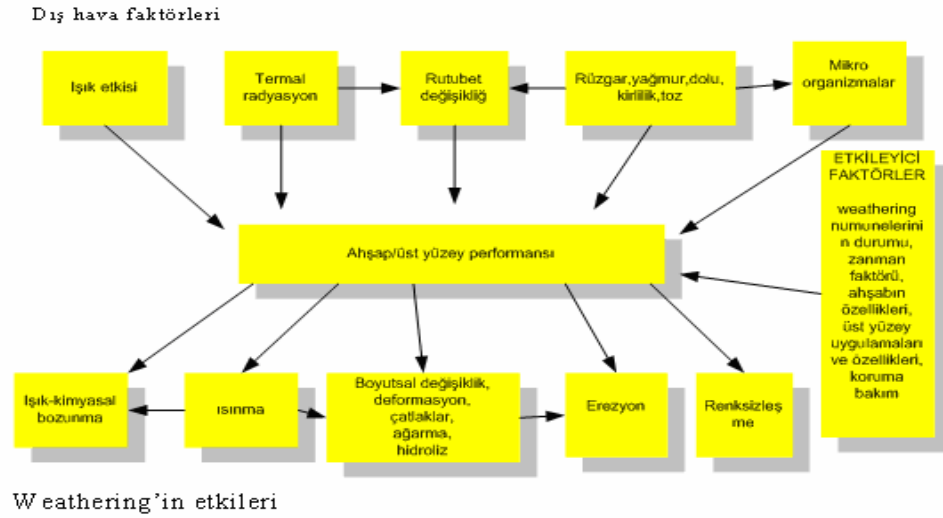
Uygun koşullar sağlandığında odun dayanıklı bir malzeme olup yüzyıllar boyunca kullanılabilir. Örneğin, Hz.İsa’dan 14 yüzyıl önce yaşamış olan Mısır Firavunu Tutankhamen’in mezarındaki odundan yapılmış eşyaların hiç bozulmamış oldukları görülmektedir. Yine Kastamonu Merkez Kasaba köyünde 1300’lü yıllarda yapılmış olan camiinin 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 [Kılıç ve Hafizoğlu, 2007].

Açık hava etkisi (weathering) ağaç malzeme için önemli bir risk faktörüdür. Bu etkiler; ışık (UV, IR), rutubet (yağmur, kar, nem, çığ), mekanik güçler (rüzgar, kum, kir) ve sıcaklık etkisidir. Bu etkiler neticesinde ağaç malzemenin renginde, kimyasal ve fiziksel yapısında bazı değişimler meydana gelmektedir [Temiz, 2005].

Ağaç malzemenin işlendikten ve son ürün haline dönüştürüldükten sonra kullanım yerlerinde kendisi için en sakıncalı sayılabilecek etkenler, açık hava şartları olarak da nitelendirilen; sıcaklık, nem, güneş ışığının değişik dalga boyları ve UV radyasyonu ve bunların mevsimlere göre değişmesidir [Feist, 1990]. Ahşap malzemeyi bu olumsuz etkilerden kısmen de olsa koruyabilmek için yüzeyleri boya ve verniklerle kaplanmakta böylece ahşap malzemeye hem açık hava şartlarına karşı belli ölçüde dayanıklılık kazandırılırken hem de estetik bir görünüm kazandırılması sağlanmış olmaktadır [Yalınkılıç ve ark., 1997].

3.2.1. Dış ortam faktörleri

Oduna dış ortamda zarar veren birtakım etkiler vardır. Bu faktörler odun yüzeyine birtakım zararlar verir. Bunlar; yağmur, kar, rutubet, solar radyasyon vb. odun yüzeyinde çok büyük yapısal ve kimyasal değişimler oluştururlar. Aynı zamanda yıllar boyunca yeni hava faktörleri ortaya çıkar ve atmosferik kirlenmeden dolayı zayıflayan ozon tabakasından zararlı UV ışınları v.b. maddeler geçer ve hava kirliliğinin de etkisi ile sülfür dioksit, nitrojen dioksit meydana gelir. Hava faktörleri genel olarak nem, ışık, asit tortusu ve sıcaklık olarak kabul edilir [Williams, 1987]. Ahşap ve ahşap/ koruyucu sistemlerin maruz kaldığı dış ortam faktörleri ve bu faktörlerin malzemede meydana getirdiği etkiler Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Ahşap ve ahşap/ koruyucu sistemlere yaşlandırmada etkili olan faktörler [Sell ve Arnold, 2002]

Rutubet

Ağaç malzeme daima bünyesinde su bulundurmaktadır. Malzeme içersindeki rutubet miktarı, kullanım yerinde fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikler üzerinde önemli derecede etkili olmaktadır. Ayrıca, işlenme, kurutma, emprenye edebilme kabiliyeti ve kalori değeri rutubetle değişiklik göstermektedir. Bundan başka, malzeme içersindeki rutubet miktarı, renk değiştiren ve çürüklük yapan mantarlar için önem taşımaktadır. Mantarların arız olduğu en düşük rutubet miktarı %20, bazı hallerde %18 dir [Bozkurt ve ark., 1993].

Ağaç malzemede su alıp verme, yani daralma ve genişleme higroskopik sınırlar arasında değişmekte ve pratikte bu olaya “çalışma” adı verilmektedir. Daralma ve genişleme üç anatomik yönde değişik miktarlarda olmakta, boyuna radyal ve teğet yönler arasında genellikle 1:10:20 oranı bulunmaktadır. Yerli ağaç türlerimizde ortalama daralma değerleri aşağıda verilmiştir.

- Boyuna yönde daralma : %0,4
- Radyal yönde daralma: %4
- Teğet yönde daralma: %8
- Hacmen daralma: %12

Teğet daralmanın radyal daralmaya oranı daralma anizotropisi olarak bilinmektedir. Bu değer ağaç malzemenin kullanım yerindeki stabilitesi ile yakından ilgilidir. Bir ağaç türünün kullanım yerinde stabilitesinin iyi olması teğet ve radyal yöndeki daralmalar arasındaki farkın azalmasına bağlıdır [Bozkurt ve ark., 1993].

Odunda çalışma ve beraberlerinde getirdiği etkiler ile çarpılma, çatlama ve ıslanabilirliği sağlayan benzeri kusurlar rutubet miktarındaki değişikliklerle oluşur. Odunda bu gibi değişiklikler her zaman odunun değişik atmosferik şartlara karşı etkili koruma ve rutubeti engelleyici etkisi bulunmamasından kaynaklanır. Rutubet tesiriyle odun diğer yabancı tesirlere karşı etki altında bulunmaktadır [Banks ve Miller, 1982].

Odunda rutubet miktarı, direnç üzerinde de önemli derecede etkili olmaktadır. Rutubet arttıkça direnç özellikleri, elastik özellikleri ve ısı iletim katsayısı azalmaktadır. Rutubetin %1 artması ile basınç direncinde %5, eğilme direncinde %4, çekme direncinde %3 oranında azalma olmaktadır. Odunsu hücrelerin içerisine serbest suyun dolması, boyutlarda ve dirençte herhangi bir değişmeye neden olmamaktadır [Bozkurt ve ark., 1993].

Rutubet oranı emprenye kalitesini etkileyen bir faktördür. Emprenye edilecek ağaç malzemenin hücrelerinin içi boş olmalıdır. Çünkü rutubet odunda boşluk hacmini azaltmaktadır. Yeni kesilen ağaç içersinde rutubet miktarı fazla olduğundan, arzu edilen emprenye maddesi absorpsiyonu sağlanamamaktadır. Lif doygunluğu noktası altındaki rutubet miktarının artışı ise genellikle gaz permeabilitesini artırmaktadır. Ancak lif doygunluğu noktasında odun hiç gaz geçirmemektedir. Hangi rutubet miktarının en iyi emprenye maddesi nüfuzu sağladığını tespit etmek için yapılan araştırmalar sonunda; emprenye maddesi türüne göre değişmekle beraber lif doygunluğu noktası altındaki rutubet değerlerinin en iyi olduğu sonucuna varılmıştır [Bozkurt ve ark., 1993].

Dış ortama bırakılan odun üzerinde suyun etkisi çok önemlidir. Odunun rutubeti %12- lif doygunluğu noktası (LDN) arasında %1 arttıkça çekme direnci %3 azalır

[Örs, Keskin, 2001]. İki ay dış ortama bırakılan sarıçam odununda %10-30 çekme direnci, %20-60 oranında sertliğinde azalma olmuştur. İhlamur odununda bu oran büyüktür. %20-60 çekme direncinde, %80' de sertliğinde azalma olur. İlave olarak 18 ay boyunca dış ortama bırakılan sarıçam odununun çekme direncinde %60, ıhlamur odununda ise %80 azalma olmuştur. Her iki örnek türü de periyodik olarak sertliklerinde oran olarak %90 azalma olmuştur. Doğal olaylar sonucu fiziksel ve kimyasal yapının bozulmasıyla odunda direnç kaybolur, odun yüzeyinde boya ve diğer koruyucu kaplanmış maddeler odunun bu direnç özelliklerini önemli derecede muhafaza eder [Banks ve Miller, 1982].

Asit depolama

Güneşin radyasyon etki şiddeti özellikle yaz aylarında odunun bozunumunda önemli rol oynar. Kış aylarında ise odun yüzeyindeki bozunum derecesinde , çeşitli nedenlerden dolayı atmosferdeki sülfirdioksit oranının artması gösterilmektedir [Bravery ve ark., 1981]. Williams [1987], değişik odunlar üzerinde yapmış olduğu çalışmalarda Ksenon cihazını kullanarak asidin yüzey erozyonu üzerindeki etkisini araştırmıştır. Test örnekleri hava etkisi cihazında periyodik aralıklarla farklı pH derecelerinde sülfirik asit ve nitrik asit ile muameleye tabi tutmuştur. Kontrol grubu ile yapılan karşılaştırmalarda pH =3' de asit ile muamele görenlerde erozyon %10, pH=3,5' de %4 ve pH= 4 ile muamele edilenlerde erozyon görülmemiştir. pH dereceleri bir dereceye kadar korumaktadır. Çünkü doğal atmosferik koşullarda asit yağmurundaki asit yoğunluğunun etkisi ile oluşan bozunum, yüzey koruyucu işlemi görmüş materyallerde ilk önce koruyucu tabakada (verniki, boya v.b) görülebilmektedir. Malzemenin bozunum derecesi koruyucu maddenin performansına bağlıdır.

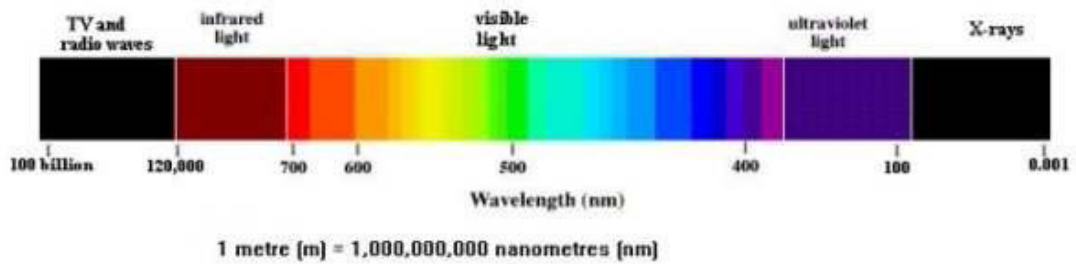
Diğer faktörler

Sıcaklık artışı fotokimyasal ve oksidatif reaksiyonları artırır. Absorbe edilen suyun donması çatlama olayına etkiye bulunabilmektedir. Rüzgâr, kum ve çamur gibi elementlerin neden olduğu aşınma ve mekanik olaylar yüzey bozunumunu önemli ölçüde etkiliyebilmektedirler. Kum gibi küçük parçalar yüzey çatlaklarına neden olabilmekte ve odunun şişme ve çekmesi sırasında bu parçalarla temaseden lifleri zayıflatabilmektedir. Rüzgârla birlikte bu tip katı parçalar (kum, çamur vb.) bozunuma neden olmaktadır [Milles ve Elliot, 1981].

UV ışınlarının etkisi

Güneş ışığı 280-3000 nm dalga boyları arasında yeryüzüne ulaşmaktadırlar. Bunun 290 ile 400 nm arasındaki dalgaboyuna sahip olanlar, UV ışınları olarak adlandırılmaktadır. Yapısında, yaklaşık %6 ultraviole radyasyon (UVR) bulunmaktadır. Çizelge 3.5’de ışınların cinsleri ve yoğunlukları Şekil 3.2’de ise elektromanyetik spektrum görülmektedir [Yıldırım, 2006].

Bir yüzey tarafından normal olarak absorbe edilen UV, yüzeyin ışının etkisinde kalma oranı olarak ölçülebilir.



Şekil 3.2. Elektromanyetik spektrum [Yıldırım, 2006]

Çizelge 3.5. Radyasyon yoğunlukları ve sınıflandırılması (yazın normal düşme açısında) [İşmal, 2002]

Dalgaboyu Kısmı (nm)	Radyasyon Şiddeti (W/m ²) (%)	Ortalama Foton Enerjisi (kJ/mol)
UV - B ışınları 280-320	5 0.5 6.1 %	400
UV - A ışınları 320-360	27 2.4 6.1 %	350
360-400	36 3.2 6.1 %	315
Görülebilir ışınlar 400-800	580 51.8	200
IR ışınları 800-3000	472 42.1	63

UV ışınları UV- A, UV- B ve UV- C olmak üzere üç tiptir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Yeryüzüne ulaşan UV- A, UV- B ve UV- C ışınları
[www.meteor.gov.tr/2009]

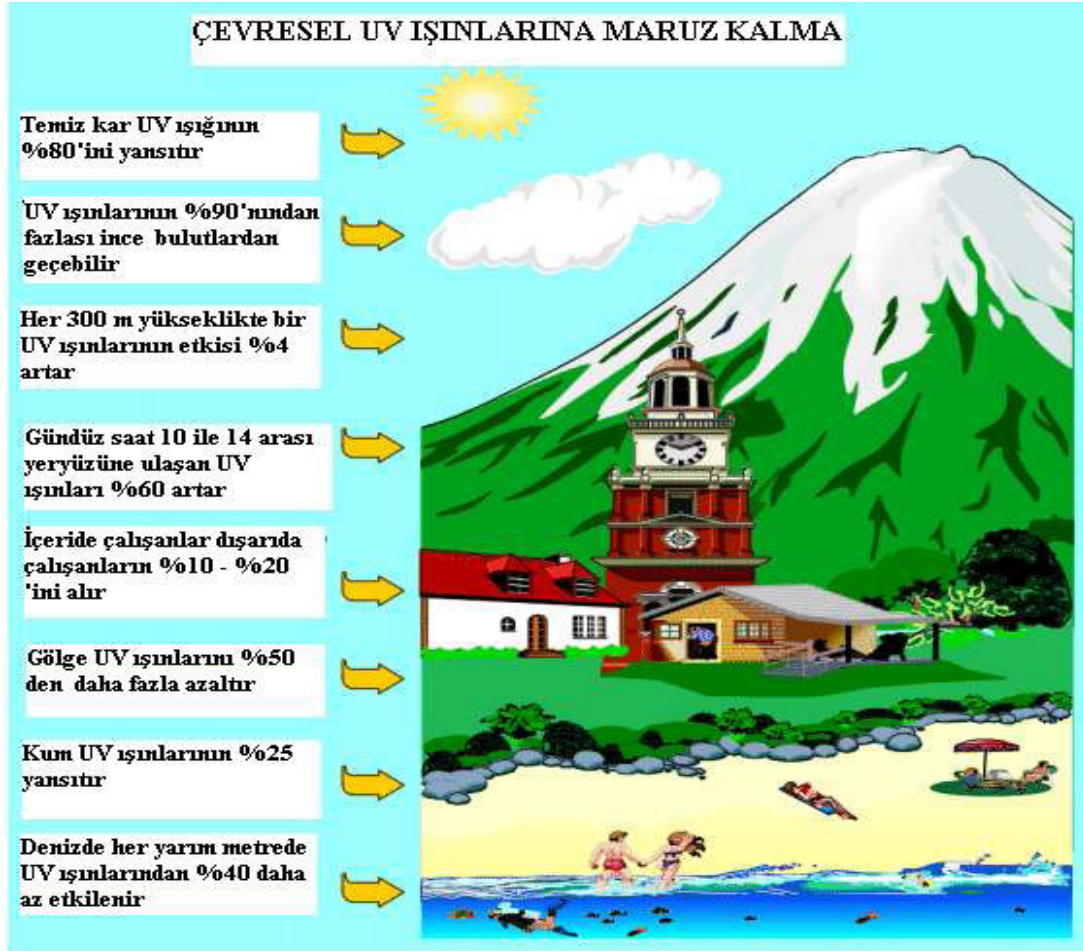
UVA (315-400 nm): Ozon tabakası tarafından filtre edilmez.

UVB (280-315 nm): Ozon tabakası tarafından kısmen filtre edilir

UVC (100-280 nm): Atmosferdeki oksijen ve ozon tarafından tamamen absorblanır.

Büyük ölçüde tahrip eden çok yüksek enerjili UVC ışınları (280 nm'den küçük) ise, atmosferdeki ozon tabakası tarafından filtre edilir ve dünyaya ulaşamazlar [İşmal, 2002].

Yeryüzüne ulaşan UV radyasyonunun %94 'ü UVA ve geri kalan % 6 UVB dir. Yer yüzüne ulaşan UV ışınlarının miktarını etkileyen faktörler Şekil 3.4'de görülmektedir.



Şekil 3.4. UV Radyasyonu etkileyen faktörler [Yıldırım, 2006]

Dışortam yaşlandırması ile hızlandırılmış yaşlandırma arasında birebir ilişki ve bir eşitlik kurmak çok zordur. Bu zorluğun en büyük nedenleri dış ortam şartlarının karmaşıklığı ve doğal değişkenliğidir.

Dışortam yaşlandırması ile hızlandırılmış yaşlandırma arasındaki ilişki aşağıdaki değişkenlere bağlıdır;

- Günün zamanı; Güneş, ayın yakınında, gökyüzündeki en yüksek noktasındadır. Bu zamanda, güneş ışınları, atmosferin içinden geçmek için en

az mesafeye sahiptir ve UVB dereceleri, en yüksek seviyededir. Sabahın erken saatleri ile öğleden sonrasının geç saatlerinde, güneş ışınları, atmosferin içinden eğik olarak geçer ve UVB'nin yoğunluğu, büyük ölçüde azalır. UVA dereceleri, ozona karşı hassas değildir ve görünür güneş ışığında olduğu gibi, gün boyunca değişebilir.

- Yılın zamanı; Güneşin açısı, UV ışınlarının yoğunluğunun değişmesine neden olan mevsimlerle değişir. UV yoğunluğu, yaz ayları boyunca en yüksek noktasına ulaşır
- Enlem; Güneş ışınları, güneşin en çok direkt olarak tepede bulunduğu ve UV ışınlarının atmosfer içinden en az mesafeyi geçmek zorunda olduğu ekvator da en güçlü seviyededir. Ozon, orta ve yüksek enlemlerle karşılaştırıldığında, tropikal bölgelerde doğal olarak daha incedir, bu nedenle atmosferden geçen UV radyasyonu absorblayan ozon miktarı, daha azdır. Daha yüksek enlemlerde, güneş, gökyüzünde daha azdır, bu nedenle de UV ışınları, atmosferin ozonca zengin kısımlarından geçerken, büyük bir mesafe katetmek zorundadırlar ve dolayısıyla, bu enlemler, daha az UV radyasyona maruz kalırlar.
- Yükseklik; UVR yoğunluğu, yükseklikle artar, çünkü UVR'nin yeryüzüne ulaşmadan önce içersinden geçeceği zarar veren UV ışınlarını filtre eden atmosfer, daha az olmaktadır. Dolayısıyla da, daha az UVR filtre edilmektedir.
- Hava koşulları; Bulut tabakası, UV seviyelerini azaltır, fakat tamamıyla ortadan kaldırmaz. Bulut tabakasının kalınlığına bağlı olarak, bulutlu bir günde, çok sıcak hissedilmemesine rağmen, güneş yanığı oluşması mümkündür.
- Yerleşim; Parlak ve açık yüzeyler UV ışınlarını yansıtır. Kar, buz ve su da aynı etkiyi yapmaktadır [Yıldırım, 2006] .
- Yerel coğrafi özellikler gibi rüzgâr, çiğ, sıcaklık gibi faktörlerde etkilidir.
- Aynı yerdeki hava hareketleri yıldan yıla değişiklik arz edebilir.
- Mevsimsel değişiklikler (kış mevsiminin bozundurma şiddeti yaz mevsimininkinin 1/7'si kadardır).

- Örneklerin konumu (5° Güney, dikey kuzey v.s). Örneklerin koruyucu bir madde tarafından korunması (dış ortamda koruyucu madde tarafından korunmamış örnekler korunmuş örneklerle nazaran %50 daha hızlı yıkımlamaya uğrarlar).
- Hızlandırılmış UV yaşlandırma ışın süresi ve nem süresinden oluşur.
- Hızlandırılmış UV yaşlandırmada ki sıcaklık bozunmayı hızlandırır.

Dış ortama bırakılan odunda fotokimyasal bozunma, güneş ışığının da etkisiyle odun yüzeyinde hızlıca meydana gelir. Dış ortama bırakılmış odunda başlangıçta renk değişimi sarımsı ve kahverengi iken, gittikçe kül rengine dönüşür. Bu renk değişimleri odun yüzeyindeki hücrelerin lignin yapılarının bozunmasından kaynaklanır [Hon, 1983; Derbyshire ve Miller, 1981; Miller, 1980]. Yüzeyde değişim tam manasıyla çok ilginçtir. Odunda bu değişim 0,05 – 2,5 mm derinlikte de meydana gelir. Odunda kimyasal değişim güneş ışınlarının özellikle UV ışınlarının etkisiyle olur ve özellikle lignin yapısının tahribata uğramasıyla da sonuç olarak renk değişimi meydana gelir [Miller, 1980; Raczkowski, 1980].

Odunda direnç azalmasıyla ışık arasındaki ilişki, ışık ligninin polimerizasyon yapısını ve hücre duvarlarını oluşturan bileşenlerin bozunmasına sebep olur. Sonuç olarak odunun mikro yapısı bozunur. Dış ortamda iki önemli faktör güneş ışığı ve su farklı zamanlarda çok büyük etkiler meydana getirirler. Odunun bozunması dış ortamdaki iklimik şartlarla ilgili ve önemlidir. Örneğin dış ortamda odun ışık etkisine maruz kalırken diğer yandan yüksek nemin, yağmur, çığ, ıslanma ve diğer iklimik şartlar içindedir. Bir araya gelmiş elementlerin hareketi farklı yollarla bozunma yapar, ışık bozunmayı hızlandırır, suda odunu etkiler [Raczkowski, 1980].

UV ışın etkisi ile ağaç malzemede meydana gelen kimyasal değişimler

Tüm odun bileşenleri, UV ışınlarının etkisine maruz kalabilmektedir. Ağaç malzemenin UV ışığını absorplama etkisi incelendiğinde ligninin %80-90,

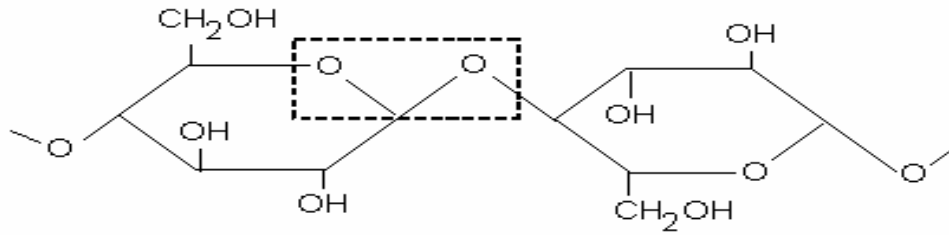
karbonhidratların %5-20 ve ekstraktiflerin %2 oranında UV ışınlarını absorplama kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Ağaç malzemenin ultraviyole bozunumu, serbest radikallerin oluşumu ve fenolik hidroksillerin oksidasyonu ile başlamakta ve bunun sonucunda ağaç malzemedeki metoksil ve lignin içeriğinde bir düşme, karboksil ve asidite oranında da bir yükseliş meydana gelmektedir [Liu, 1997; Fenkel ve Wegener, 1984; Feist ve Hon, 1984; Müler ve ark., 2003].

Ağaç malzemenin foto oksidasyonu ve delignifikasyonunun belirlenmesi için yaygın olarak UV-Vis ve Infrared spektrum kullanılmaktadır [Grelir ve ark., 2000; Pastore ve ark., 2004; Liu ve ark., 1994; Pandey ve Pittman, 2002]. Ultraviyole etkisine bırakılan ağaç malzemenin FTIR spektrum sonuçlarında karbonil gruplarında fazlalaşma görülürken, ligninin absorpsiyon piklerinde kademeli olarak azalma meydana gelmektedir. Karbonil gruplarının yükseliş göstermesi, selüloz ve ligninin oksidasyonu sonucu meydana gelirken, lignin içeriğindeki düşüşün sebebi ise; ligninin ultraviyole etkisi ile bozunumu ve çözülebilir bozunma ürünlerinin yağmur etkisi ile ağaç malzeme yüzeyinden uzaklaşması olarak gösterilmektedir [Feist ve Hon, 1984].

Ultraviyole ışın etkisine bırakılan selülozun bozunumu ile ağırlık kaybı, α -selüloz içeriği ve polimerizasyon derecesinde azalmalar görülür. Yapılan bir çalışmada, 185 ve 253,7 nm arasındaki dalga boylarında ultraviyole etkisine bırakılan selülozun da bozunuma uğradığı tespit edilmiştir. Bu değerden daha düşük dalga boylarında, hidrolitik zincir soyulmasıyla aldehit gruplarının ortaya çıktığı, daha yüksek dalga boylarında ise; oksijen katılmasıyla bozunuma neden olan peroksit gruplarının oluştuğu belirlenmiştir. Ultraviyole ışın etkisine bırakılmış selülozun çözünebilir bozunma ürünleri incelendiğinde; glikoz, sellobioz, sellotrioz, ksiloz, ksilo-oligomer, arabinoz ve 3- β -D-glikosiz-D-arabinoz gibi bileşiklerden oluştuğu tespit edilmiştir [Fenkel ve Wegener, 1984]. Selülozun uçucu bozunma ürünleri ise; asetaldehit, propinaldehit, metil formia, aseton, metanol, etanol, metan ve etandır. Selülozun ışın bozunumunda karbon-oksijen, karbon-karbon bağlarının ayrılması için 340-390 kJ/mol bir enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Bu enerji seviyesi, 340 ve daha düşük

ultraviyole ışığının dalga boylarında (350 kJ/mol) sağlanabilmektedir. Bu dalga boylarında selüloz ve diğer polisakkaritlerde meydana gelen ışın degradasyonun ve absorpsiyonun belirlenmesi kolay değildir. Çünkü selüloz 200–400 nm dalga boyu aralığında belirgin absorpsiyon göstermemektedir. Absorpsiyonun meydana geldiği kromoforlar, hidroksil, karbonil, karbonil grupları veya glikoz birimlerinde ki C1'de ki asetal grupları olarak kabul görmektedir (Şekil 3.5) [Fenkel ve Wegener, 1984].



Şekil 3.5. Selüloz molekülündeki muhtemel kromoforik grup

Elektron spin resonance metodu (ESR) ile yapılan çalışmalar göstermiştir ki odun, güneş ışığı, florasan 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 ışınının oduna nüfuzu 75 μ m'den daha derin değildir. Görünür ışık 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 olduğunu daha önce değinilmişti. Bu özelliği nedeniyle açık hava koşullarına maruz bırakılan odunda ilk bozulan madde lignin olmaktadır. UV ışınları ile bozulan lignin yağmur suları ile yıkanarak ağaç malzemedan uzaklaşmaktadır. Hidrofobik özelliğinden dolayı hemiselülozlar da ligninle birlikte yıkanmaktadır. UV ışınının 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 3.6'da verilmiştir. Gri bir renk alan dış tabakada lignin miktarı ortalama %3 oranında azalmıştır.

Çizelge 3.6. 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	46	52	44	47
	Gökmar	50	51	42	36	50	28
	Sarıçam	51	30	21	7	7	4
	Kavak	51	55	59	57	62	60
	Huş	27	28	15	21	2	6
Ekstrakte Edilmemiş	Sedir	54	49	52	47	50	51
	Gökmar	44	53	49	33	34	31
	Sarıçam	27	29	20	10	6	7
	Kavak	57	40	64	56	64	70
	Huş	22	21	16	17	2	4

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

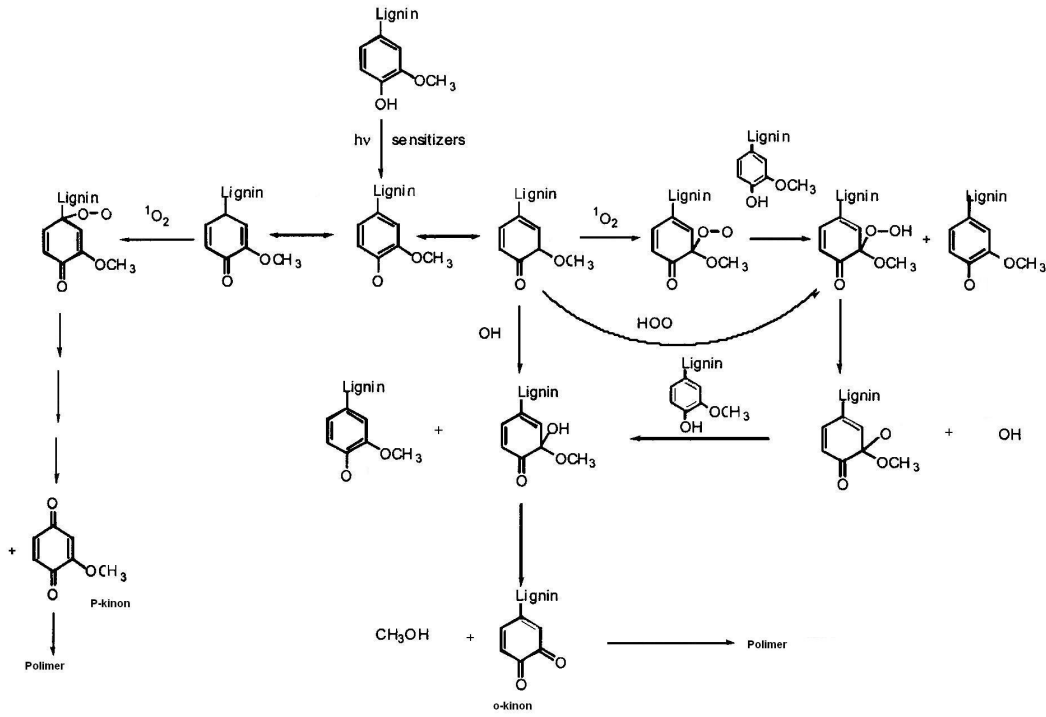
Işın etkisi ile ağaç malzemedeki meydana gelen fiziksel değişimler

Ağaç malzeme yüzeyinde ilk aşamada ışın etkisiyle renginde koyulaşma daha sonra makroskopik ve mikroskopik çatlaklar oluşmaktadır. Ağaç malzeme yüzeyine yakın kısımlarda hücre çeperi bağlarının dayanımı azalır ve bunun sonucunda bozunum gerçekleşir. Açık hava şartlarının yaşlandırma etkisi devam ettiği takdirde bozunmaya uğramış kısımlar yağmur suları tarafından yıkanmakta ve yüzey erozyonu devam etmektedir. İğne yapraklı ağaçlar, yapraklı ağaçlara göre daha hızlı bozunuma uğramaktadır.

Dış ortam etkisine bırakılan ağaç malzeme yüzeyindeki ilk değişiklik ağaç malzemenin sararmasıdır. Bekletme süresine bağlı olarak, sararan ağaç malzeme yüzeyi daha sonra ağarmakta ve sonuçta esmer renge dönüşmektedir. Ağaç malzemedeki renk değişikliği; 300 ile 400 nm dalga boyundaki ultraviyole ışığını absorbe edebilen lignindeki kromoforik grupların modifikasyonu sonucu

oluşmaktadır. 396 nm'den daha düşük dalga boyları ağaç malzemenin sararmasında, daha uzun dalga boyları ise ağaç malzemenin ağarmasında etkili olmaktadır. Lignin tarafından ultraviyole ışığının absorplanması, serbest radikal oluşumuna sebep olmaktadır. Bu radikaller, ligninin ve selülozun oksijen varlığında depolimerizasyonuna neden olarak hidroksil karbonil, karboksil ve fenoksi radikali gibi oksitlenmiş radikallerin oluşumuna sebep olmaktadır. Fenoksil radikali ise, hem monomerik hem de oligomerik yapılardaki orto ve/veya para kinonların oluşumuna yol açmaktadır (Şekil 3.6). Ağaç malzemede oluşan renk değişiminin ise, yüzeylerde bulunan kinonlardan kaynaklandığı belirtilmektedir [Grelier ve ark., 2000; Pastore ve ark., 2004].

Bununla birlikte; Suyun aşındırıcı etkisi göz ardı edilirse UV ışını ağacın yalnızca 70-80 µm derinliğe kadar etki edebildiği ve bu yüzden de ışın etkisiyle bozunma yüzeysel kalmakta olduğu bildirilmektedir [Sell ve Arnold, 2002]. Ağaç malzemenin ışın ile bozunum olayı o kadar yavaş gelişir ki, ağaç malzeme yüzeyi bir yüzyılda ancak 6.4 mm bozunuma maruz kalmaktadır. Ağaç malzemede yüzey erozyonu, ağaç malzemenin özgül ağırlığına ve hücre çeperi kalınlığına bağlıdır ve genel olarak yüksek özgül ağırlıktaki ağaç malzemede bozunma daha yavaştır. Açık hava şartlarının etkisiyle oluşan bu bozunmalar uygun işlemler ile durdurulabilir veya azaltılabilir [Feist ve Hon, 1984].



Şekil 3.6. Fotolitik reaksiyonla lignin yapısında kinon oluşumu [Zhang ve Kamdem, 2000]

Hemiselülozlardaki değişimler ise çizelge 3.7’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 azaldığı belirtilmiştir [Feist ve Hon, 1983].

Çizelge 3.7. Açık havaya bırakılan Albizzia ve Sugi türlerindeki Lignin ve Hemiselülozlardaki değişimler (%) [Sudiyana ve ark., 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

Işın etkisi ile ağaç malzemede meydana gelen mikroskopik değişiklikler

Fiziksel değişimlere mikroskopik değişimlerde eşlik eder. Açık hava koşullarının odunun anatomik yapısında meydana getirdiği etkiler tarayıcı elektron mikroskopunun (SEM) kullanıldığı çeşitli çalışmalarda incelenmiştir [Hon ve Shiraishi, 2001; Pandey ve Pitsman, 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].

Ağaç malzemede açık hava etkenleri ile bozunmanın ilk belirtileri; ilkbahar odunu traheitlerinin radyal çeperlerinin kenarlı geçitlerindeki, büyüyen delikçiklerdir. Daha sonra mikro çatlaklar oluşur. Bu çatlaklar, hücre çeperinin büzülmesi sonucu büyür. Suyun plastikleştirici ve yıkayıcı etkisi, mikro çatlakların gelişmesini ve büyümesini fazlaştırmaktadır [Feist ve Hon, 1984].

Açık hava şartlarına benzetilerek yapılan hızlandırılmış testlerde (accelerated-weathering) elde edilen mikroskopik değişiklikler; genellikle birbirine yakın elementler arasında boyuna çatlakların oluşması, hücre çeperindeki boyuna çatlaklar, S₂ tabakasının fibril açısını takip eden ve geçitlere doğru olan diagonal çatlaklar olarak adlandırılabilir [Liu, 1997].

500 saatlik hızlandırılmış-yaşlandırma ortam testine bırakılan örnekler üzerinde yapılan elektron mikroskobu çalışmasında; enine kesitteki örneklerin, hücre çeperlerinin orta lamelden ayrıldığı, hatta sekonder çeperin bütünüyle hücre çökmesine (kollapsa) uğradığı, yüzeylerin pürüzlü hale geldiği tespit edilmiştir.

Bekletme süresi 1000 saate çıkarıldığında ise; traheit çeperlerindeki kenarlı geçitlerin tamamen tahrip olduğu gözlenmiştir. 500 saatlik denemeye bırakılan örneklerin rengi soluk sarı olurken, 1000 saatlik bekletmeye maruz bırakılan örneklerin rengi ise açık kahverengi ile koyu kahverengi olarak gözlemlendiği bildirilmiştir.

Radyal kesitlerde ise; odunun anatomik yapısında meydana gelen ilk değişik geçitlerde olmaktadır. 500 saatlik ultraviole etkisine bırakılan örneklerde, yarı kenarlı geçitlerin hasar gördüğü tespit edilmiştir. Kısmen de radyal çeperler üzerinde çatlak ve boşlukların oluştuğu tespit edilirken; bekletme süresinin 1000 saate çıkarıldığı durumlarda ise; kenarlı geçitlerdeki bozunmanın çok daha büyük boyutlu olduğu hatta tamamen parçalanmanın olduğu tespit edilmiştir. Ekstrem koşullarda, bozunmanın traheit çeperlerinin radyal kısımlarına yayıldığı ve de bekletme süresinin uzaması ile hücre çeperlerinin tamamen degradasyona uğrayabileceği belirlenmiştir. Bazı ağaç türlerinde kenarlı geçitlerin ultraviole bozunumu ile kaybolduğu belirlenmiştir [Feist ve Hon, 1984].

Teget kesitte en dikkatte değer anatomik değişme, traheitlerin hücre çeperlerindeki kenarlı geçitler boyunca uzanarak giden diagonal mikro çatlaklardır. Bu mikro çatlaklar, hücre çeperi eksenine, diagonal olarak uzanmaktadır. Bu nedenle, mikro çatlakların S2 tabakasının fibril açılarında meydana geldiği yargısına varılmaktadır. Ultraviole ile oluşan bu diagonal mikro çatlaklar, S2 tabakasının fibril doğrultusundaki çekme geriliminden kaynaklandığı bildirilmiştir.

Sonuç olarak açık hava şartlarının ağaç malzemenin mikro yapısında meydana getirdiği değişiklikler; orta lamelin kaybolması, hücrelerin ayrışması ve geçitlerin hasar görmesi, mikro çatlakların oluşması olarak özetlenebilir. Bu mikroskopik değişiklikler ağaç malzemedede daha büyük fiziksel değişikliklere neden olmaktadır [Liu, 1997].

3.2.2. Ağaç malzemenin biyotik faktörler tarafından bozundurulması

Odun hammaddesi organik bir madde olduğundan uygun koşullar altında bakteriler, mantarlar ve tahripçi böcekler oyucu deniz organizmaları gibi biyolojik faktörler tarafından zarara uğratılır. Ancak bazı ağaç türleri diğerlerine göre, bu organizmalar tarafından daha fazla tahribe uğratılmaktadır. Doğada hiçbir ağaç türünün çürümeye karşı bağışıklığı olmamakla beraber bazı ağaç türleri biyotik zararlılara karşı diğerlerinden daha dayanıklıdır. Bununla beraber ağaç malzemenin dayanıklılığı esas itibarıyla kullanım yerindeki şartlara bağlıdır. Örneğin; Mısır piramitlerinde sıcak ve kuru şartlarda bulunan ağaç malzemeden yapılmış lahitler yüzlerce yıl önceden günümüze kadar çürümeden sağlam olarak gelmiştir. Oysaki toprakla temas halinde kullanılan ağaç malzemedede, toprakta sürekli değişen rutubet nedeniyle mikroorganizmaların gelişimi için son derece uygun ortam oluşmakta olup; bu gibi yerlerde kullanılan ağaç malzemenin dayanım özellikleri daha düşük olmaktadır. Ağaç malzemenin dayanıklılığı, diri odun özodun oranına da bağlıdır. Genel olarak öz odun içerdiği ekstraktif maddelerden dolayı mantar ve böceklere karşı diri odundan daha dayanıklıdır [Bozkurt ve ark., 1993; Berkel, 1972]. Bununla birlikte; ağaç malzemeden rasyonel bir şekilde faydalanma ancak modern koruma metotlarının uygulanması ile kullanım süresinin mümkün olan en yüksek sınırına ulaşması suretiyle gerçekleştirilebilir. Böylece, bir memlekette ağaç malzemenin emprenye edilerek kullanılması üretim ve tüketim arasındaki münasebeti ayarlama ve yıllık tüketim miktarını azaltması dolayısıyla ekonomik bakımdan çok önemlidir. Ağaç malzemenin biyotik faktörlere karşı korunması modern emprenye tekniği yardımı ile uygun metot ve maddenin kullanılmasıyla mümkün olmakta, kalite özellikleri uzun zaman muhafaza edilmek suretiyle kullanım süresi önemli miktarda uzatılabilmektedir [Berkel, 1972].

3.3. Dış Faktörlere Karşı Ağaç Malzemenin Korunması

İç mekânlar da kullanılan ağaç malzeme için boya ve diğer yüzey muamele maddeleri odunun on yıllarca koruyabilir ve yenilenmeye gerek kalmaz. Dış ortamlarda ise yüzey kaplayıcıların etkisi 1–2 yıl gibi kısa sürelidir. Açık hava

şartlarına karşı ağaç malzemeyi korumak amacı ile bazı yöntemler ortaya konulmuştur. Bunlar;

- Uv ışığının engellenmesi,
- Asetillendirme, metillendirme, benzillendirme vb. ile odunun modifikasyonu
- Renk değişikliğine sebep olan yapıların giderilmesi
- Oksijenin giderilmesi veya oksijen 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 şeffaf verniklerde görülmektedir. Koruyucunun türü etkinlik açısından önemlidir [Willams ve Feist, 1994]. Dış ortamda kullanılan ağaç malzemeyi korumak amacıyla uygulanan yüzey işlemlerinde kullanılan maddeler 2 ana grupta sınıflandırılabilir.

3.3.1. 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 ortam 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 ve ark., 1994].

Sabit renkli örtücü boyalar: Bu boyalar opak maddeler olup, çok çeşitli renklerde 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].

3.3.2. 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 ortamlar 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 ve ark., 1994].

Avrupa ve Amerika'da dış ortam uygulamalarında kullanılan bazı maddeler ve uygulama alanları Çizelge 3.4'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 önlenabilir [Temiz, 2005]. Özellikle, krom içeren maddelerin ligninin degradasyonunu yavaşlattığı belirtilmektedir [Lange ve ark., 1992]. Ayrıca, triol-G400, PEG-400, 1-octadecanol ve türevleride odunun degradasyonunda etkili maddelerdir [Hon ve ark., 1985; Feist, 1992]. Dış ortam uygulamalarında kullanılan bazı koruyucu maddeler Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Dış ortam uygulamalarında kullanılan bazı koruyucu maddeler [Sell ve Feist, 1986]

Uygulama Alanı	Amerika Birlesik Devleti	Avrupa
Doğramalar	Lateks boyalar Yağlı (alkid) boyalar Sabit renkli örtücü boyalar	Yarı parlak veya parlak çözücü esaslı boyalar Film oluşturan, yarı ransparan Örtücü boyalar Film oluşturmayan örtücü boyalar
Masif odun	Lateks boyalar Sabit renkli örtücü boyalar Yağlı (alkid) boyalar Yarı transparan örtücü boyalar Yüzey muamele işlemi yok	Film oluşturmayan, 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 akrili sıva, yüzey muamelesi lateks boya ile yapılır
Balkonlar, teraslar, çitler ve pergolalar	Toprakla teması olan 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

Emprenye

Anizotrop bir malzeme olan ağaç malzemenin çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlere karşı korunması amacıyla çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan işlemlerdir. Emprenye gerek iç ortam gerekse dış ortam şartlarında önemli kullanım alanına sahiptir. Emprenye işlemini etkileyen faktörler, ağaç malzeme özellikleri, empenye yöntemi, sıvıların akış yolları, geçit aspirasyonu, geçit yapısı vb. dir [Bozkurt ve ark., 1993; Berkel, 1972]. Emprenye işlemi günümüzde daha ziyade biyotik zararlılara (mantar, böcek, deniz zararlıları, bakteriler vb.) uygulanmaktadır. Bununla birlikte ağaç malzeme yüzeyinin çeşitli kimyasal empenye maddeleri kullanılarak UV ışığının bozucu etkilerine karşı koruyucu özellik gösterdiğine ilişkin bir çok araştırma sonuçları bulunmaktadır [Yalınkılıç ve ark., 1999; Feist, 1979; Feist ve Williams; 1991; Black ve Mraz, 1974]. Ağaç malzeme de ışık karşısında görülen sararma, grileşme, kahverengi renk oluşumu vb. renk bozulmalarının temel sebebi, ağaç malzemenin UV absorpsiyonu altında hücre çeperinin temel bileşenlerinden ligninin kimyasal yapısının değişmesi olduğu bildirilmektedir [Sönmez, 2002; Yalınkılıç ve ark., 1999]. Günümüzde, ağaç malzemenin UV absorpsiyonu altında ligninin yıkımını önlemek amacı ile bir çok kimyasal empenye maddesi kullanılmakla

birlikte, özellikle bakır içerikli emprenye maddelerinin bozunumu engellemekte daha etkili olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur [Feist, 1979; Yalınkılıç ve ark., 1999; Feist ve Williams, 1991].

Odunun emprenyesi ile anatomik yapısı içerisindeki ilişki

Ağaç malzemenin emprenye edilebilme kabiliyeti, yapısına ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak ağaçlarda büyüme ve gelişme, boy ile eni yönünde olmakta, gelişmenin durumuna bağlı olarak da ağaç türlerinde özel şekiller meydana gelerek oluşan odunun özellikleri değişiklik göstermektedir. Bu yüzden ahşabın emprenye edilebilme kabiliyeti üzerinde anatomik yapı önemli derecede etkili olmaktadır [Bozkurt ve ark., 1993].

İğne yapraklı ağaçların anatomik yapısı

İğne yapraklı ağaç odunları basit yapılıdır. Ağaç boyu istikametinde uzanan boyuna traheidlerle, çap istikametinde uzanan özışınları odunun asli elemanlarını oluştururlar. Ayrıcı yan elemanlar olarak reçine kanalları, boyuna paranşim ve enine traheidler bulunur. Traheidler ağaç boyunun yönünde uzanan, sivri uçlu ölü hücreler olup çeperleri ligninleşmiştir. İğne yapraklı ağaçlarda iletim ve destek görevi yapan hücreler boyuna traheidlerdir. Boyları uzun, çaplarının 100 katı kadar, enine kesitleri dört veya altı köseli, uçları kapalı hücrelerdir. Traheidlerin dokuya katılım oranı % 90-95 arasında olup, dokunun geri kalan %5-10'u özışını paranşimleri, boyuna paranşimler ve reçine kanallarından oluşur. Boyuna traheidler, hücre olgunlaşma safhasının sonunda canlılığını kaybeden ölü hücreler olduklarından lümenleri boş hücrelerdir [Bozkurt ve ark., 2000].

Traheidlerin genellikle radyal çeperleri kenarlı geçitlerle donatılmışlardır. Traheidlerin arasındaki geçitler kenarlı geçitler olup bunların orta kısmında torus bulunmaktadır. Traheidlerin en önemli karakteristik özelliği radyal çeperler üzerindeki büyük kenarlı geçitlerdir. Geçitler hücre çeperinde mevcut açıklıklar olup, hücreden hücreye sıvı madde akışını sağlamaktadır. Emprenye maddelerinin odun

içerisine absorpsiyonunda kenarlı geçitler önemli rol oynamaktadır. İğne yapraklı ağaçlarda geçit zarının orta kısmı kalınlaşmıştır. Torus adı verilen bu kısım porusun önüne geldiğinde geçit kapanmaktadır. Margo adı verilen, kalınlaşmamış geçit zarının dış kısmı ise sıvıların bir hücreden diğerine geçebilmesi için çok küçük açıklıklara sahiptir. Öz odunu oluşumunda kenarlı geçitler kapanmakta, torus üzerine fenollü maddeler yerleşmekte, böylece emprenye maddelerinin geçişi güçleştirilmekte veya tamamen engellenmektedir. Bu nedenle öz odun, diri odundan daha az emprenye edilebilme kabiliyetine sahiptir [Bozkurt, 1993].

Yapraklı ağaçların anatomik yapısı

Yapraklı ağaç odunlarının asli elemanları traheler, özışınları, lifler ve boyuna paranşimler, yan elamanları ise yalancı özışınları, öz lekeleri ve tüllerdir. Traheler, ağaç boyu yönünde uzanan ve suda erimiş besin maddelerini yapraklara ileten elemanlardır. Traheler uçları açık hücrelerdir. Ağaç gövdesi üzerinde üst üste yerleşerek 10 cm'den 10 m'ye kadar, ya da daha uzun iletim borusu oluşturmaktadırlar. Trahelerin uçlarındaki açıklıklar perforasyon tablaları oluşturarak suyun iletimini sağlamaktadırlar. Kenarlı geçitler, yapraklı ağaçlarda farklı yapıda olup iğne yapraklı ağaçlardaki gibi torusa sahip değildir. Trahelerin lümenleri boş olduğu gibi, bazen tüller ve çeşitli amorf maddelerle, ya da nadiren nişasta tanecikleri ve kristallerle dolu olabilmektedir. Tüller, trahelere bitişik paranşim hücreleri içeriğinin trahe lümenlerine dolması ile meydana gelmektedir. Odunda tül oluşumunun meydana gelmesi için, trahe-öz ışını paranşimi arasındaki geçit çaplarının büyük olması ve paranşim hücrelerinin aktif olması gerekmektedir. Trahelerin tüllerle dolup tıkanması, kurutma ve emprenye işlemlerinde problemlere neden olur. Tüller ağaç malzemenin dayanıklılığını artırmamakta, emprenye edilmesini güçleştirmekte, sıvı ve gaz akışını engellemektedir [Bozkurt ve ark., 2000].

Odunun permeabilitesi

Ağaç malzemeyi kimyasal maddelerle emprenye etmeden önce üzerinde dikkat edilmesi gereken iki önemli görüş vardır. Birincisi, odunun mantar ve böceklerle karşı olan doğal dayanımı, ikincisi ise sıvılara karşı olan permeabilitesidir. Ahşabın çürümeye karşı olan doğal dayanımı, başlıca odunun kimyasal bileşimine bağlıdır. Permeabilite ise odunun mikroskobik yapısı ile ilgili olan bir özelliktir [Findlay, 1985].

Genel anlamda permeabilite deyimi, sıvıların poröz bir yüzeyden basınç altında geçişlerinin hızlı veya yavaş oluşunu ifade etmektedir. Basınç altında kolayca sıvı akışı sağlanıyorsa, o malzemenin permeabilitesi yüksek demektir. Bütün ağaç türlerini eşit bir şekilde emprenye etmek mümkün değildir. Bazı ağaç türlerinde emprenye maddesi derinlere nüfuz edebilmekte, bazı türlerde nüfuz güç olmaktadır [Bozkurt ve ark., 1993].

Odunun emprenye edilmesi sırasında iki fiziksel problem ortaya çıkar. Birincisi, odun hücrelerinde sıkışmış halde bulunan havanın nasıl dışarı alınacağı, ikincisi ise sıvıların hücreler içerisinde nasıl yol alacağıdır. İğne yapraklı ağaçlarda emprenye maddelerinin esas akış yolu, traheidlerden traheidlere olup, kenarlı geçit çifti yardımıyla yapılmaktadır. Ayrıca, parانشim hücrelerinden oluşan öz ışınları basit geçitler yardımıyla radyal yönde sıvı akışı sağlamaktadır. Öz ışınlarında bulunan enine traheidler ise radyal yönde sıvı akışını sağlamaktadırlar. Yapraklı ağaçlarda ise sıvıların geçişi traheler vasıtasıyla sağlanmaktadır. Traheler içerisindeki sıvı madde, geçit açıklıklarından öz ışınlarına, daha sonra boyuna parانشim hücrelerine ve liflere veya diğer trahelere doğru geçmektedir [Bozkurt ve ark., 1993].

3.4. Lâminasyon Tekniğı

Ağaç işleri endüstrisinde her geçen gün daha yaygın kullanım alanı bulan lâmine ağaç malzeme, TS EN 386'a göre; odun lamellerin özellikle lifleri paralel olarak birbirine yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır.

Lâminasyon tekniğinde; farklı ağaç türü, değişen kat adedi, farklı boyut, şekil ve kat kalınlıkları uygulanabilmektedir.

Lâmine ahşap elemanlar kullanılan kat kalınlıklarına göre farklı adlandırılmaktadırlar. İnşaat sektöründe kullanılan büyük boyutlu lâmine masif ağaç malzeme (kiriş, kolon vb.) üretiminde 25,4-50,8 mm kalınlıklarda malzeme kullanılmakta ve tutkallı kiriş (GLULAM = Glued Laminated Timber) adı verilmektedir. Mobilya endüstrisinde kullanılan ağaç lâmine elemanların üretiminde ise uygulanan forma göre maksimum 3,2 mm kat kalınlığında ağaç kaplama kullanılmakta ve bu tür ahşap lâmine elemanlar LVL (Laminated Veneer Lumber) ya da MICROLAM olarak adlandırılmaktadır [Stevens ve Turner, 1970].

Lâmine elemanların üretiminde kullanılacak ağaç malzeme rutubeti son ürünün kullanılacağı ortama bağlı olup, açık ortamda % 16-19, kapalı mekanlarda en çok % 16 olmalıdır. Islak mekanlarda kullanılması hâlinde direnç hesabında düzeltme katsayısı kullanılır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. Islak mekan için düzeltme katsayısı [ASTM D 3737]

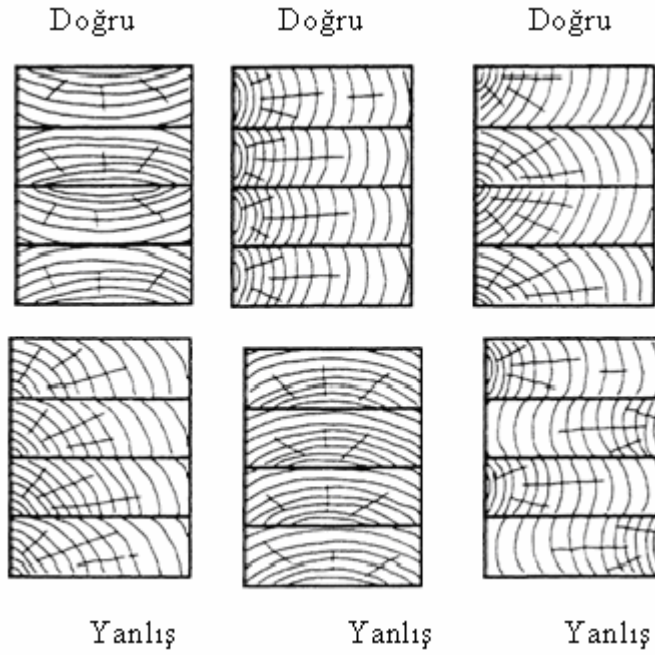
MEKANİK ÖZELLİKLER	DÜZELTME KATSAYISI
Eğilme Direnci	0,80
Liflere Paralel Basınç Direnci	0,73
Liflere Paralel Çekme Direnci	0,80
Liflere Dik Basınç Direnci	0,67
Liflere Dik Çekme Direnci	0,87
Elâstiklik Modülü	0,83
Yatay Makaslama Direnci	0,87

Lâmine elamanı oluşturan katlar arasında rutubet farkı TS EN 386 ve DIN 68140'a göre %4'ü, ANSI A 190'a göre % 5'i aşmamalıdır. Aksi hâlde, farklı çalışma şartları sonucu oluşan gerilmeler liflere dik yöndeki çekme direncini aşarak çatlamalara sebep olabilir.

3.4.1. Lâminasyonda katların düzenlenmesi

Lâmine edilmiş masif ağaç malzemedeki biçim değişimleri oluşmaması için lâmine katlarının düzenlenmesinde, yıllık halkaların konumuna dikkat etmek gerekmektedir. Bunun sebebi ağaç malzemenin yıllık halkalara teğet ve radyal yönlerde farklı çalışmasıdır. Ağaç türlerine göre daralma miktarları, yıllık halkalara teğet yönde %3,5-15, radyal yönde %2,4-11, liflere paralel yönde %0,1-0,9 arasında değişir [Bozkurt ve Göker, 1987].

Lâmine katlarının düzenlenmesinde farklı çalışma sonucu ortaya çıkan gerilmeleri dengeleyecek kat düzenlemesi yapılmalıdır. Aksi takdirde düzeltilemeyen biçim değişimleri meydana gelebilir. Bu maksatla yapılacak kat düzenlemesi Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Laminasyonda katların düzenlenmesi [Şenay, 1996]

3.4.2. Lâminasyonun yararları

- Masif ağaç malzemeden üretilcek yapı malzemelerinin boyutları sınırlıdır. Oysa laminasyon sistemi ile daha büyük boyutlu ürünlerde elde etmek mümkündür.
- Gerek mimaride gerekse iç dekorasyonda istenilen stilde de ve sınırsız formlarda çalışma imkanı sağlamaktadır.
- Yapısal elemanların tasarımında, yüke bağlı olarak kesit alanında farklılık yapmak mümkündür. Örneğin; kavisli elemanlarda yükün geldiği yerde (kritik kesitte) daha büyük boyut uygulanabilmektedir.
- En ve boy birleştirme yüklerinin uygulanması ile çok küçük boyutlardaki (minimum 20 cm) ağaç malzemenin kullanımına imkan sağladığından, zayıf oranı azaltmaktadır. Ayrıca masif malzeme, bünyesindeki kusurlarından (budak,çatlak, kurt yeniği, lif kıvrıklığı, çürüklük, reaksiyon odunu, sulama vb.) arındırılarak değerlendirilebilir.
- Aynı ahşap lamine eleman üzerinde çeşitli katlarda farklı kalınlık ve renkte ağaç malzemenin kullanımına imkan sağladığından daha fazla estetik oluşum temin edilebilir.
- Tabakalı ağaç malzeme aynı cins masif ağaç malzemeye göre daha az çalışmaktadır. (Şişme-Daralma). Buna neden olarak laminasyonda ağaç malzemenin katları arasında kullanılan tutkal su itici özelliği gösterilebilir. Bunun sonucu tabakalı ağaç malzeme, aynı cins masif malzemeye nazaran boyutsal bakımdan daha stabildir.
- Geniş ve tek açıklıklı yapılarda kubbe, piramit, tonoz vb. geometrik strüktür oluşturulmasına imkan sağlamaktadır.
- Kolon, kiriş, kemer, makas ve aşık gibi parçalar üretilmekte, birleşmeleri için gerekli tüm detaylar ve metal aksesuarlar fabrikada tamamlanabilmektedir [Atmaca, 2005].

3.4.3. Lâminasyonun sakıncaları

- Ahşabın tutkallanmaya hazırlanması ve tutkallanması, son ürün üzerinde ek bir işçilik maliyeti getirmektedir. Fakat aynı boyutlardaki yekpare bir ağaç malzemeye göre bu kabul edilebilir bir durumdur.
- Tabakalı ağaç malzemenin direnci, en-boy birleştirmede ve yapıştırma kullanılan tutkalın kalitesine de bağlıdır. Yüksek dayanımlı tutkalların fiyatlarının fazla olması da ek bir maliyet getirmektedir.
- Tabakalı ağaç malzeme üretimi için, fabrika binasının özel planda yapılması, özel ekipmanlar getirmesi ve kalifiye işçiye olan ihtiyacın fazla olması da dezavantaj olmaktadır.
- Yüksek kaliteli tabakalı ağaç malzemenin üretilmesi imalatın bütün aşamalarında,yapılan işlemlerin özenle ve dikkatli bir şekilde yapılmasıyla mümkün olmaktadır.
- Büyük boyutlu kavisli taşıyıcı elemanların nakliye sırasında büyük güçlüklerle karşılaşmaktadır.
- Lamine edilecek ağaç malzemenin belirli sonuç rutubete kadar kurutulması gerektiğinden kurutma tesisi ve ek bir işçilik maliyeti gerektirmektedir [Atmaca, 2005].

3.4.4. Lâminasyonda asgarî üretim şartları

TS EN 386'ya göre, lâmine elemanların üretildiği ortamın sıcaklığı en az 15 °C ve bağıl nemi ise %40-75 arasında olmalıdır.

En ve boy birleştirme uygulanmış parçaların ek yerleri, birbirini takip eden katlarda üst üste gelmemeli ve mümkün olduğunca şaşırtmalı olarak düzenlenmelidir. DIN 1052 ve DIN 68140 'a göre; birbirini takip eden katlarda iki birleşme arasındaki uzaklık >300 mm olmalıdır. Lâmine elamanı oluşturan katlar arasında rutubet farkı %4'den fazla olmamalıdır.

Yapıştırıcı üreticisinin tavsiyelerine uygun olarak, yapıştırıcı üniform ve yeterli miktarda sürülmelidir. Bu miktar kullanılan yapıştırıcının özelliklerine göre 180-260 g/m² arasında değişmektedir. Sıkıştırma üniform ve emniyetli olarak yayacak şekilde yapışma hattı üzerinde uygulanmalıdır. Pres basıncı, kullanılan yapıştırıcı ve ağaç türüne göre 0,6-1,2 N/mm² arasında değişmektedir [TS EN 386].

3.4.5. Lâminasyonda ağaç malzeme seçimi

Lâmine masif ağaç malzeme üretiminde kullanılacak ağaç malzemenin seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- Tanenli ve reçineli odun, tutkalın yapışma gücünü azaltacağından üretilen lâmine malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir.
- Lâminasyon için seçilen ağaç türünün hafif olması istenir. Taşıyıcı ahşap elemanlar (kiriş, kolon vb.) büyük boyutlu olduğundan TS 3842'ye göre bu maksatla; karaçam, sarıçam, göknar ve ladin odunlarının kullanılması önerilmektedir.
- Üretimin aksamaması için seçilen ağaç türü, bol ve kolayca temin edilebilmelidir.
- Kavisli lâmine ağaç malzeme üretimi için bükülebilme özelliği iyi olan ağaç türleri tercih edilmelidir.

Genel olarak ağaç türlerinin bükülebilme özellikleri farklı olup, sert odunlu yapraklı ağaçlar iğne yapraklılara göre daha iyi bükülebilme özelliğine sahiptir. Kayın, karaağaç, dişbudak, meşe, Anadolu kestanesi, huş, akasya, akçaağaç, kiraz ve fındık bükülme özellikleri bakımından en elverişli olanlardır [Berkel, 1963].

Lâmine ağaç malzemenin direnci büyük ölçüde ağaç malzemenin elde edildiği odunun özelliklerine bağlıdır. Bünyesinde değişik kusurlar (lif kıvrıklığı, çatlak, budak, mantarlaşma vb.) içeren odun lâmine ağaç malzemenin direnç özelliklerini olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle ağaç malzeme, kusurlarından arındırıldıktan sonra lâmine ağaç malzeme üretiminde kullanılmaktadır.

Odunda, irsel ve ekolojik etkenlerin neden olduğu lif kıvrıklığı, lâmine ağaç malzemenin direnç değerlerini önemli ölçüde azaltır. Basınç yüküne maruz kalan kolonlarda, lif açısının uygulanan kuvvet yönünden sapma derecesi arttıkça direnci azalmaktadır. Lif açısının 45° lik açıya kadar artması ile eğilme direncinde kuvvetli bir düşüş görülmektedir [Berkel, 1970].

Lâmine masif ağaç malzeme bünyesinde bulunan budak çapı arttıkça direnci azalmaktadır. Nokta ve küçük budaklar bazen estetik olarak kabul edilseler de teknik yönden kusur sayılmaktadır. Budaklar, ağaç malzemedeki bulunma yerine, büyüklüğüne ve lâmine elemanın maruz kaldığı yük tipine göre önemli derecede direnç azalmasına neden olurlar. TS 3842' ye göre, lâmine elemanın herhangi bir kısmında ve 300 mm uzunluktaki budak alanları toplamının bu uzunluğa ait alana oranı I. sınıf için 1/10'u, II. sınıf için 1/4'ü. III. sınıf için 1/2'yi geçemez.

Reaksiyon odunu oluşumları lâmine ağaç malzeme özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Basınç odunu normal odundan daha ağır olup eğilme ve şok direnci düşüktür. Kurutulması sırasında kolaylıkla çarpılır ve çatlar. Çekme odunu pürüzlü ve tiftikli yüzey oluşmasına sebep olur. Çivilenmesi güç olup işlenmesi zordur. Üst yüzey işlemleri uygulanmasında problemlidir. Kurutulması sırasında sonradan düzeltilmesi mümkün olmayan hücre çökmeleri (kollaps) oluşmasına sebep olur [Bozkurt, 1988].

Çatlaklar, lâmine ağaç malzemenin tutkallanma ve direnç özelliklerini azaltan kusurlardır. Ağaçta dikili hâldeyken büyüme karakteristiklerinden kaynaklanan basınç çatlakları, iç çatlaklar ve öz çatlakları meydana gelmektedir. Ormandan kesimi yapılan ağacın kurutulması sırasında bu çatlaklar daha da artmakta ve ağaç malzemenin mekanik özelliklerinde azalmaya neden olmaktadır.

Lâmine elemanların üretiminde kullanılan ağaç malzemenin öz içermesi direnç azalmasına neden olmaktadır. Özün hücre yapısı çevresindeki odundan önemli derecede farklı olduğundan, çalışma miktarı çevresindeki odun ile uyumlu değildir.

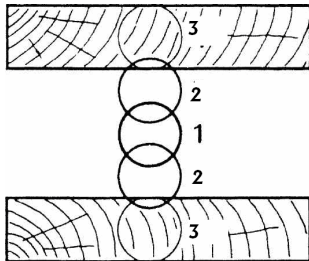
Bu durum sakıncalı iç gerilmelere neden olduğu gibi yapışma direncini azaltıcı etki yapmaktadır.

Mantarlar, ağaç malzemedeki renk değişikliğine ve çürümelere neden olmaktadır. Mantarların meydana getirdiği en önemli renk değişimi iğne yapraklı ağaçlarda görülen mavi renk oluşumudur. Taze kesilmiş ağaç sıcak ve rutubetli ortamda kaldığında ve tomruktan elde edilen keresteler arasında lata konulmadan istif edildiğinde, diri odun kısmında odunun derinliklerine nüfuz eden mavileşme meydana gelmektedir. Mavileşme, şok direncini %25'e varan oranda azaltmakta, diğer mekanik özelliklerde ise önemli bir değişmeye neden olmamaktadır [Bozkurt, 1986].

Mantarlar hem dikili ağaçta hem de tomruk ve kereste hâline getirilen ağaç malzemedeki çürüklüğe neden olabilmektedir. Dikili ağaçlarda, mantarlaşma genelde özde meydana gelmekte, diri odunda ise çürüklüğün ileri aşamalarında görülmektedir. Bunun nedeni, yaşlanmış özde bulunan ekstraktif maddelerin koruyucu özelliğinin azalması ve diri odunun öz odundan daha fazla oranda su içermesidir.

3.5. Yapışma Teorisi

Tutkallar, iki malzemeyi birbirine yapıştırmada kullanılan sıvı kıvamda metalik olmayan maddelerdir. Sertleşmiş bir tutkal katmanı herbiri birleştirmenin performansında önemli rol oynayan, 3 farklı halkadan meydana gelmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Yapıştırıcı katmanın yapısı [Şenay, 1996]

Birinci halka, yapıştırılacak ağaç malzemelerden bağımsız olup yapıştırıcı filmini gösterir. Bu halkanın mukavemeti, tamamiyle yapıştırıcının yapısal özelliklerine bağlı olup, kohezyon kuvveti ile açıklanmaktadır. Bütün maddeler gibi, yapıştırıcılar da gerek sıvı, gerek katı durumda olsun, kendi molekülleri arasında elektromanyetik kurallara bağlı olarak belli bir çekim kuvvetine sahiptir. Katı ve sıvı maddelerin kendi molekülleri arasındaki bu çekim kuvvetine kohezyon kuvveti denir. Kohezyon kuvveti, bir anlamda malzeme nin mekanik özelliklerini belirler. Kohezyon kuvvetinin büyüklüğü ise yapıştırıcının kimyasal yapısına bağlı olup ortalama %30'dan fazla dolgu maddesi kullanılması kohezyon kuvvetini olumsuz yönde etkiler. Tutkal katmanında hapsedilen hava veya buhar miktarı da, bu halkanın mukavemetini önemli miktarda etkilemektedir [Şenay, 1996].

Tutkal çözeltisinin hazırlanması ve yüzeye sürülmesi sırasında, yani sıvı hâlde iken moleküllerle beraber hareketli olan kohezyon kuvveti, yapıştırıcının sertleşmesinden sonra sabitleşir. Yapıştırıcılardan beklenen başarının sağlanabilmesi için üretimlerinde kullanılan yüksek moleküllü maddelerdeki kohezyon kuvvetleri, diğer maddelerden daha büyük olmalıdır.

Yeterli miktarda yapıştırıcı kullanılmayan birleştirmelerde, I. halka kısmen ya da tamamen yoktur. II. halka, yapıştırıcı ve birleşimi yapılacak ağaç malzeme yüzeyleri arasında oluşturulması gereken bağı göstermektedir. Birbirine temas eden iki maddenin molekülleri arasındaki atomik çekim kuvvetine adhezyon kuvveti denir. Yapıştırma işleminde mekanik adhezyon ve spesifik adhezyon olmak üzere iki adhezyon kuvveti etkilidir. Akışkanlığa bağlı olarak, yapıştırıcının ağaç malzeme içerisine nüfuz edip sertleşmesiyle oluşan bağ sonucu elektrostatik kurallara bağlı atomik çekim kuvvetine spesifik adhezyon denilmektedir. Asıl yapışmayı gerçekleştiren ve yeterli direnci sağlayan spesifik adhezyondur. III. halkalar, yapıştırılacak ağaç malzemenin özelliğine bağlı olarak gelişir. Yapıştırılacak ağaç malzemenin kendi molekülleri arasında oluşan bağ, yani moleküler çekim kuvveti toplamı kohezyondur.

Yapıştırıcı sürülmüş karşılıklı iki yüzeye basınç uygulandığında, tutkal girinti ve çıkıntılara doğru kendiliğinden dağılır. Tutkal her iki ağaç malzeme yüzeyine hemen hemen aynı anda transfer olur. Akış ve transfer aşamalarını tutkalın ağaç malzeme gözeneklerine nüfuz etmesi izler, nüfuz etme işlemi akışkanlık ve transfer sona erinceye kadar devam eder.

Birleştirmenin başarısı, tutkalın ağaç malzeme yüzeyini ıslatabilme ve hücre çeper boşluklarına nüfuz etme özelliğine bağlıdır. Tutkal katmanı oluşumundaki son aşama tutkalın sertleşmesidir. Ağaç malzeme tutkalları su kaybederek ve soğuyarak fiziksel, ısı ya da katalizör etkisiyle kimyasal yoldan katılırlar.

3.5.1. Tutkal çeşitleri ve kullanım alanları

Ağaç işleri endüstrisinde en çok kullanılan tutkal çeşitleri ve kullanım alanları Çizelge 3.10'da, verilmiştir.

Çizelge 3.10. Tutkal çeşitleri ve kullanım alanları [Trada, 1992]

TUTKAL ÇEŞİDİ	SEMBOL	KULLANIM ALANLARI	KULLANIM YERİ
Epoksi	E	Ahşap ile metal, cam, seramik, duroplâstik vb, birleştirmeler	Yarı açık ve rutubetli iç mekânlarda, direnç gerektiren yerlerde
Poliüretan	PL	Lâminasyon ve tüm ahşap birleştirmeler	
Melamin Formaldehid	MF	Kontrplâk, yonga levha ve kavisli elemanlar	Tamamen açıkta, yüksek direnç gerektiren yerlerde
Melamin Üre Formaldehid	MÜF	Lâminasyon, yonga levha ve kontrplâk ve ahşap birleştirmeler	
Resorsi Formaldehid	RF	Lâminasyon, kamadişli birleştirme ve tüm ahşap birleştirmeler	
Fenol - Resorsin Formaldehid	FRF	Lâminasyon, kama dişli birleştirme, kayık yapımı ve tüm ahşap leştirmeler	
Fenol Formaldehid	FF	Kontrplâk ve bazı yongalevhalar	İç mekânlarda, direnç gerektiren yerlerde
Üre Formaldehid	UF	Kontrplâk, yonga levhalar, MDF ve panel yüzeyler	
Kazein	K	Lâminasyon ve ahşap birleştirmeler	İç mekânlarda, yüksek direnç gerektirmeyen yerlerde
Polivinilasetat	PVAc	Ahşap birleştirmeler ve küçük boyutlu tutkallamalar	
Kauçuk Esaslı	KE	Kısmî tutkallama, çivi ve tutkalı birleştirme	

Ağaç işleri endüstrisinde kullanılan tutkallar, TS 5430'da direnç özelliklerine göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.11. Tutkal çeşitleri ve kullanım alanları [Trada,1992]

SINIFLAR	DİRENÇ İLKELERİ
A	Sıcaklık ve hava rutubetiyle temas hâlinde olmayan, genellikle düşük rutubetli kapalı yerlerdeki şartlara dayanıklı olup, kuru ortamdaki oda kapılarında ve mobilyalarda kullanılır.
B	Mutfak ve banyo gibi kısa süreli yüksek rutubet ve zaman zaman su etkilerine maruz kalan kapalı yerlerdeki hava şartlarına karşı dayanıklıdır.
C	Pencere, dış kapı ve dış merdiven gibi zaman zaman yüksek rutubet ve kısa süreli su tesirlerine maruz kalan ortamlardaki şartlara dayanıklıdır.
D	Banyo ve duş kabinleri gibi ekstrem klima değişiklikleri ve su etkilerine maruz kalan kapalı ortam şartlarıyla; dış pencere, dış kapı gibi ekstrem klima şartlarına sahip olan açık hava ortamındaki kullanımlara dayanıklıdır.

D sınıfı tutkallar dayanıklılıklarına göre; D1,D2, D3 veD4 olarak gruplandırılır [BS EN 204]. Bu tutkalların kullanım alanları:

D1: Sıcaklığın 50°C civarında, rutubetin maksimum %15 olduğu iç mekanlar

D2: Akan veya yoğunlaşan suya kısa aralıklarla maruz kalan iç mekanlar

D3: Kısa aralıklarla akan yada yoğunlaşan suya veya rutubete maruz kalan iç mekanlar

D4: Sık sık, uzun süre ile akan ya da yoğunlaşan suya maruz kalan iç ve dış mekanlar
D dayanıklılık sınıflarına (D1, D2,D3,D4) göre tutkalların, deney ortamı şartları ve minimum yapışma direnci değerleri Çizelge 6'da verilmiştir [BS EN 205].

Çizelge 3.12'de, standart atmosfer; 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem, soğuk su; 20-23°C sıcaklıkta, sıcak su; 100°C sıcaklıkta ve 1 gün ise 24 saat olarak alınmıştır.

Çizelge 3.12. Deney ortamı şartları ve minimum yapışma direnci değerleri (N/mm²)

NO	DENEY ORTAMI ŞARTLARI	YAPIŞMA DİRENCİ(N/mm ²)			
		D1	D2	D3	D4
1	Standart atmosferde 7 gün	≥10	≥ 10	≥ 10	≥ 10
2	Standart atmosferde 7 gün + Soğuk suda 3 saat + Standart atmosferde 1 gün	-	≥ 8	-	-
3	Standart atmosferde 7 gün + Soğuk suda 4 gün			≥ 2	≥ 4
4	Standart atmosferde 7 gün + Soğuk suda 4 gün + Standart atmosferde 7 gün			≥ 8	-
5	Standart atmosferde 7 gün + sıcak suda 6 saat + Soğuk suda 2 saat	-	-	-	≥ 4
6	Standart atmosferde 7 gün + sıcak suda 6 saat + Soğuk suda 2 saat +	-	-	-	≥ 8

Not: a) D4 dayanıklılık sınıfı için 1,3,5 ve 6 nolu deneyler yapılmalıdır. b) Tablo için seçilen ağaç türü Fagus Sylvalica L. dir.

Ağaçışleri endüstrisinde kullanılan bazı tutkalların teknik özellikleri Çizelge 3.13'de verilmiştir.

Çizelge 3.13. Bazı tutkalların teknik özellikleri [Forest Product Lab., 1974]

Genel Özellikler	PVA	Poliüretan	Epoxy	Üre Formaldehit	Melamin Formaldehit	Resorsin Formaldehit	Fenol Formaldehit
Ticari şekli	sıvı	Sıvı-katı	Sıvı-macun	Sıvı-tooz	Sıvı-toz	sıvı	Sıvı-toz
Depolama süresi-ay	6-12	6-9	12	3(sıvı)	6(sıvı)	3	2-4
Renk	renksiz	koyu kahve	renksiz	renksiz	renksiz	koyu kahve	kahve
Sağlığa etkisi	yok	60° C< etkili	tehlikeli	Deride tahriş	Deride tahriş	Deri ve solunum yolu	Deri ve solunum yolu
Teknik Özellikleri							
Ağaç rutubeti %	5-12	max 10	6-12	4-12	4-12	8-14	3-8
Kuru madde %	40-60	20-90		50-70	40-70	45-60	40-50
Kullanım miktarı gr/m ²	150-200	200-250	150-200	100-200	100-150	200-300	100-150
Montaj zamanı (saat)	5-15	30-60	30-240	10-15	<24	10-40	40-50
Presleme süresi (soğuk) saat	1,5-2		12-18		<8	10	
Presleme süresi (sıcak) dk	3-7		30	1,5+0,5/mm	4+1/mm		3+1,2/mm
Basınç (kgf/cm ²)		3-8	2-12	6-18	5-20	2-10	12-20
Sıcaklık (°C)	20-80	10-60	20-280	110-140	90-140	20-80	120-180
Tutkal katının özellikleri							
Su dayanımı	3	1	1	2-3	1	1	1
Sıcaklık dayanımı	3	3	2	2	2	1	1
Mikroorganizma dayanımı	1	1	1	1	1	1	1
Organik solvent dayanımı	2	1	1	1	1	1	1
Asidite (pH)	5-7			6-8	3-6	11-12	10-13
Renk hataları	yok	yok	yok	az	yok	bazen	bazen
Bıçakları korozyona	az	az	Çok fazla	normal	az	fazla	fazla

Suya dayanımı: 1-Kaynar suya dayanıklı, 2-Suya dayanıklı, 3-Rutubete dayanıklı
Sıcak mikro organizma ve organik solventlere: 1-Ekstra, 2-İyi, 3-Orta

3.5.2. Tutkallı birleştirmelerde yapışma direnci

Tutkallı birleştirmelerin performansı üzerinde, tutkalın özellikleri yanında, yapıştırılan malzemenin yapısı, tutkal bileşimi, tutkal tabakasının nitelikleri etkili olmaktadır. Tutkallı birleştirmelerin başarısını etkileyen tutkal özelliklerinden katı madde oranı, viskozite, kül miktarı ve pH önemli sayılırken, birleştirmelerin performansını değerlendirmek için standartlara uygun test metotları kullanılır [Tank, 1995].

Ağaç malzemede yapışma direncini etkileyen faktörler

Ağaç malzemede yapışma direncini; odun yapısı, yüzey düzgünlüğü ve yapısı, pres basıncı, pres süresi ve kullanılan tutkal özellikleri etkilemektedir.

Odun yapısı: Dağınık traheli ağaç odunları, halkalı traheli ağaç odunlarından farklı yapışma özellikleri göstermektedir. İlkbahar ve yaz odunlarının yıllık halka içindeki katılım oranı (tekstür) ile diri ve öz odun miktarı tutkal hattı dayanımında etkilidir. Diğer taraftan tutkallanma diri odun ve ilkbahar odununda genellikle daha kolay, odun yoğunluğu arttıkça daha zor olmaktadır [Chung, 1968].

Yüzey yapısı ve düzgünlüğü: Tutkal sürülecek yüzeylerde makine izleri, ezilme, yanma, dalgalı yüzey vb. isleme kusurları olmamalıdır. Ayrıca tutkallama yüzeyinde bulunan yan bileşiklerin çeşidi ve miktarı ile toz ve yağ gibi artıklar yapışmayı olumsuz etkiler [Duran, 2005]. Kuvvetli bir yapışma için; ahşap yüzeyinin keskin kesicilerle düzgün bir şekilde işlenmesi, yapıştırıcının bütün yüzeye eşit miktarda sürülmesi ve birbirlerine kapatılan ahşap elemanların üzerine düzgün dağılımlı bir kuvvet uygulanması gerekir. İlk bilgilere göre yüzeylerin pürüzlü olması ve çizilmesi iyi bir yapışma için gerekli sanılıyordu. Ancak, yapılan laboratuvar çalışmaları sonucu düz ve pürüzsüz yüzeylerin yapışmasının daha iyi olduğu ortaya çıkmıştır [Selbo, 1975].

Ağaç malzemenin yan bileşikleri yapışma direncini azaltmaktadır. Yan bileşiklerce zengin ağaç malzemeler yapıştırılmadan önce özel işleminden geçirilmeli ve soğuk olarak preslenmelidir. Aksi halde ekstraktif maddeler sıcaklığın etkisi ile yüzeye sızmakta ve tutkallanmayı engellemektedir.

Pres basıncı ve presleme süresi: Yapıştırılacak ağaç malzemede iyi adezyon sağlanması için basınç gereklidir. Basınç, tutkalın yapıştırılan yüzeye tam temasını sağlarken, ince bir kat oluşmasına yardımcı olur. Ayrıca tutkalın açık hücre boşluklarına girmesini ve en önemlisi tutkal sertleşene kadar birleştirilecek iki ağaç malzemenin aynı pozisyonda tutulmasını sağlar. Uygulanan basınç, sıkılacak parçanın her noktasında uniform olmalı ve tutkal hattında eşit kalınlıkta ince bir film katmanı oluşturacak şekilde ayarlanmalıdır. Pres basıncı, ağaç cinsi ve yüzey özelliklerine göre değişir. Farklı ağaç türlerinin aynı anda preslenmesi halinde pres basıncı yumuşak oduna göre belirlenir. Ağaç türüne göre pres basınçları yumuşak ağaçlarda $0,8-1 \text{ N/mm}^2$, sert ağaçlarda ise $0,2-1,6 \text{ N/mm}^2$ arasında olmalıdır [Göker ve Bozkurt, 1986].

Düzgün yüzeyli parçaların yapıştırılmasında yeterli basınç uygulandığında, tutkalın bir yüzeyden diğer yüzeye transferi yeknesak olmakta ve yapışma direnci en iyi sonucu vermektedir. Kusursuz yüzeylerin birleştirilmesinde $0,7 \text{ N/mm}^2$ basınç uygulandığında, yapışma direnci en yüksek değere ulaşmaktadır [Franklin, 1989].

Soğuk preslemede uygulanan pres süresi, tutkal çeşidine ve ortamın sıcaklığına göre değişmektedir. Sıcak preslemede ise tutkalın çeşidinden başka, uygulanan sıcaklık ve preslenecek parça kalınlığı da presleme süresini etkilemektedir. Sıcak presleme süresinin hesaplanmasında, tutkalın sertleşme süresine orta tabakaya kadar her 1 mm kalınlık için 1dakika ilave edilmektedir. Pres süresinin bu şekilde hesaplanması 12 mm kalınlığındaki levhalarda iyi sonuç vermektedir [Göker ve Bozkurt, 1986]. Presleme süresinin kısa tutulması durumunda iç tabakadaki tutkal hatları tam olarak sertleşemeyeceğinden birleştirme zayıf olacak ya da hiç gerçekleşmeyecektir. Tutkal yüzeye sürüldükten sonra birleştirilecek ağaç malzemeler fazla bekletilmeden (en geç açık süre sonuna kadar) preslenmiş olmalıdır. Ancak, işin büyüklüğü, tutkal sürülen

parça sayısı ve ek yerlerinin biçimi bir süre beklemeyi zorunlu kılar. Bu gibi zorunlu hallerde tutkalın yapışma özelliğini olumsuz etkilemeyecek şekilde, katkı maddesi kullanarak açık süreyi uzatmak mümkündür. Tutkallamada kaçınılmaz olan bu süre gelişi güzel uzatılmamalıdır. Aksi takdirde ahşap yüzeyine sürülen tutkalın yapısal özelliklerinde değişim başlar ve tutkal sıvısının yüzeyinde çok ince bir kabuk oluşur. Bu kabuklaşma, tutkalın kendi molekülleri arasında çekim kuvvetini (Kohezyon kuvvetini) olumsuz etkiler ve yapıştırma işleminden istenilen başarı sağlanamaz [Özçifçi, 2005].

Tutkal özellikleri ile ilgili faktörler: Ağaç malzeme yapışma direncini etkileyen faktörlerden birisi de tutkal ile ilgili faktörlerdir. Bunlar, yapıştırıcı türü ve karakteristikleri, tutkal karışım formülü (Viskozite, dolgu ve katkı maddesinin miktarları) ve yüzeye sürülen tutkal miktarı ve uygulama şeklidir. Bunun uygun değer miktarı tutkal-odun ve dolgu maddesi cinsine ve pres teknolojisine bağlı olup denemelerle belirlenmiştir [Çolakoğlu, 1998]. Yapıştırmada kullanılan tutkalın fiziksel veya kimyasal özellikte olması, yapışma dayanımında etkili olmaktadır. Kimyasal özellikteki tutkalların mekanik dayanımları fiziksel esaslı tutkallara göre daha yüksektir. Yüzeyi düzgün olmayan ağaç malzemelerin birleştirilmesinde, kimyasal esaslı tutkallarda daha güçlü yapıştırma yapılabilmektedir. Kimyasal esaslı tutkallar, fiziksel esaslı tutkallara göre rutubete ve suya karşı daha dayanıklıdır. Tutkal seçimi yapılırken, nerede ve nasıl kullanılacağı belirlendikten sonra uygun tutkal seçimi yapılmalıdır [Şenay, 1996].

4. MATERİYAL VE METOD

4.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada, mobilya ve dekorasyon endüstrisinde özellikle de dış ortam şartlarına dayanıklı olan ve teras, bahçe mobilyası yapımında yaygın olarak kullanılan iğne yapraklı ağaçlardan, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), yayvan yapraklı ağaçlardan, meşe (*Quercus petraea* L.) , Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill) odunları kullanılmıştır. Büyüme kusuru ihtiva etmeyen parçalardan kesme yöntemi ile elde edilmiş 2 mm kalınlığındaki papel kaplamalardan 10 (10x2=20 mm) katmanlı lamine elamanlar üretilmiştir.

4.2. Koruyucu Maddeler

Deney örneklerine yaşlandırmaya karşı koruyucu madde olarak su itici empenye maddesi ve sentetik esaslı vernik uygulanmıştır.

4.2.1. Su itici empenye maddesi

Organik çözücülü empenye maddelerindendir. Emprenye çözeltisi %3 parafin / %10 bezir yağı / %87 beyaz ispirto (white sprite) madde ve oranlarından oluşturulmuştur [Var, 2001]. Parafin vaks ve bezir yağı, temini kolay, ekonomik, insan ve sıcak kanlı diğer canlılara karşı zararsız olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Faydaları

- Su içermedikleri için ağaç malzemede genişleme ve deformasyona neden olmadıkları gibi, planyalanmış yüzeylerde kalkık liflilik de meydana gelmemektedir.
- Emprenyeden sonra ağaç malzeme yüzeyleri temizdir ve çözücü madde buharlaştıktan sonra kolayca yağlı boya ile boyanabilmektedir.

- Zehirli maddeler genellikle suda çözünmediğinden daha sonra yağmur etkisi altında kalsa bile yıkanma meydana gelmemektedir.
- Permeabilitesi iyi olan ağaç türüne kolayca nüfuz edebilmektedir.
- İsteğe göre renkli veya renksiz olarak kullanılabilir [Bozkurt ve ark., 1993].

Sakıncaları

Bu tip emprenye maddelerinin en önemli sakıncası, çözücü maddelerin oldukça pahalı olmalarıdır. Petrol fiyatlarındaki artış buna yansımaktadır. Bu emprenye maddeleri ağaç malzemedede derine nüfuz etmemekte, ancak orta derecede tehlikeli bölgelerde *Hylotrupes bajulus* böceklerine karşı yeterli bir koruma sağlamaktadır.

Organik çözücülü emprenye maddelerinin bir başka sakıncalı tarafı da emprenyeden sonra kısa bir zaman süresi için yanma tehlikesinin ortaya çıkmasıdır. Bu tehlike uçucu maddenin buharlaşması sonucu hızlı bir şekilde azalmaktadır. Bunun için beyaz ispirto (White spirit) ile çözülmüş bir emprenye maddesi sürüldüğünde 48 saat kapı ve pencereler açık bırakılması ile yangın tehlikesi ortadan kalkmaktadır [Bozkurt ve ark., 1993].

Kullanış Yerleri

- Suda çözünen tuzlarla emprenye edildiği takdirde deformasyonun meydana gelmesi ihtimali olan ve kullanım yerine göre boyutlandırılmış ağaç malzemenin emprenyesinde (pencere doğramalarında),
- Binalarda ağaç malzemenin yerinde emprenyesinde,
- Hortikültür (seralarda kullanılan kereste ve tohum sandıklarında), bahçe mobilyası emprenyesinde,
- Askeri mühimmat sandıklarının yapıldığı ağaç malzemenin emprenyesinde,

- Belli ölçülerde hazırlandıktan sonra ve yerine monte edilmeden önce emprenye edilecek tekne malzemesinde,
- Kamyon, otobüs ve karavanlarda, karoseri ve döşeme malzemesinin emprenyesinde kullanılmaktadır [Bozkurt ve ark., 1993].

4.2.2. Sentetik esaslı yarı şeffaf vernik

Sentetik esaslı vernikler, ağaç malzeme yüzeylerini her türlü kötü hava koşullarına karşı koruyan renkli bir vernik sistemidir. İçindeki özel katkı maddeleri sayesinde, altındaki ağaç malzemeyi yıllarca solmadan, pullanıp dökülmeden, çatlamadan yüzey küfü ve lekelenmelere karşı korur. Mikro gözeneklidir, nefes alır, su geçirmez, içindeki nemi dışarı verir ve su tutmaz. Özel pigmentleri, ultraviyole ışınlarının ağaç malzeme üzerindeki zararlı etkilerini önler. Yarı şeffaf ve örtücü çeşitleri, sunduğu renk seçenekleriyle her türlü iç-dış doğrama, cephe kaplaması, bahçe mobilyası vb. için ideal kullanım imkânına sahiptir [Özpak, 2006].

Verniğin kullanımı son derece kolaydır. Astar-vernik gerektirmez. Fırçayla kolayca sürülür. Havanın kuru ve ılık olması uygulamayı kolaylaştırır. Sürüldüğü yüzey mutlaka kuru ve temiz olmalıdır. Ayrıca ağaç malzemenin nem oranı %20'nin üzerinde olmamalı, sürülen her kattan sonra 24 saat beklenmelidir. 2-3 kat uygulandığında, tek başına, ağaç malzemenin güzelliğini yıllarca korur. Yaş film kalınlığı (80 mikron/kat), örtücülük (14-16 m²/lt/kat), dokunabilirlik kuruluk (24 saat), parlama noktası (43°C) olup ve 1-5 lt'lik ambalajlarda piyasaya arz edilmektedir [Üretici firma, 2003].

4.3. Ahşap Tutkallar

Bu çalışmada ıslak hacimlerle ve dış etkilere maruz ortamlarda dayanım ve dayanıklılık gerektiren tutkallar seçilmiş olup, özellikleri aşağıda verilmiştir.

4.3.1. Vinyl tree ketonol acetate (VTKA) tutkalı

Tek komponentli, poliüretan tip aktif maddeli bir yapıştırıcıdır. Suya ve neme karşı son derece dayanıklı; çözücü içermeyen; tahta, metal, polyester, taş, seramik, PVC ve diğer plastik yüzlerin birbirine bağlanmasında iyi sonuçlar veren bir tutkaldır. Su ve hava nemine karşı dayanıklılığı yüzünden, özellikle deniz ve göl vasıtalarıyla binaların dış cephe metal ve ahşap aksamalarının montaj ve onarımında kullanılır. Su buharı fazla olan yerlerde özellikle evlerin banyo ve mutfaklarında, atölye ve fabrikalarda iyi sonuçlar verir. Nemlendikçe güçlenen bir tutkaldır.

Poliüretan yapıştırıcılar su ile reaksiyona girdiklerinden uygulama anında gaz açığa çıkarmaları nedeniyle problem olmaktadır. Bu sistemde katalizörün reçine içinde dağılması için sıcak karıştırılması gerekir. Reçineye karıştırılan katalizör reçinenin etkisini değiştirdiği için son karıştırma işleminde dikkatli olunmalı, kontrol edilmeli ve gaz açığa çıkartılmasından sonra kullanılmalıdır

Yüzey hazırlama; Yapıştırılacak yüzeyler zımparalanmış olmalı ve yağlardan arındırılmalıdır. Kurumuş satırların hafifçe nemlendirilmesi, tutkalın sertleşme hızını artıracaktır.

Uygulama şekli; Yüzeyin emici olan tarafına sürülür. Yapıştırılacak yüzeyler 20°C'de, %50 nemle, 30 dakika veya ahşabın kendi nemi ile, 40 dakika preste tutulmalıdır. Püskürtme olarak kullanılmak istendiğinde, tiner ile istenilen akışkanlığa getirilerek uygulanır.

İnceltme / Karışım Oranı; Kullanıma hazırdır, inceltilmeden ambalaj viskozitesinde (3300-4000 cps) kullanılır.

Kuruma Süresi; (20°C sıcaklıkta, %50 bağıl nem oranında) Kurumasını 30 dakikada veya ağacın kendi nemi ile preste 40 dakikada tamamlar.

Depolama Şartları; Doğrudan güneş ışığı almayan, ağzı kapalı ambalajlarda, serin yerde depolanmalıdır. Kullanılmadığında ambalajının ağzı kapalı tutulmalıdır [Üretici firma, 2009].

4.3.2. Polivinil asetat -D₄ tutkalı

Polivinil asetat (PVAc)-D₄ tutkalı, alman Kleiberit firmasının, %5 sertleştirici ilaveli Kleibit 303 isimli tutkalıdır. Bu tutkal BS EN 204 standardına göre tek komponentli olarak D₃ hizmet sınıfı için kullanıma hazır halde bulunan bir tutkal olmasına rağmen sertleştirici ilavesiyle rutubete dayanıklılığı daha da artırılarak, BS EN 204'e göre çift komponentli D₄ yapışma kalitesine sahiptir. PVAc-D₄ Tutkalının teknik özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. PVAc- D₄ Tutkalının teknik özellikleri [Üretici firma, 2005]

Tipi	PVAc Dispersiyon
Renk	Beyaz
Viskozitesi (20 °C)	13000±2000mPas (1300±200 cps)
Yoğunluk	Komponent A= - 1,10 g/cm ³ Komponent B= - 1,13 g/cm ³
Sertleştirici	Dorus R.397 (Karışım oranı:%5)
pH değeri	3
Sürülen miktar	150-200 g/cm ³
Uygulama şekli	Fırça ve silindirli sürme makinesi
Presleme süresi	20 °C'de 15 dak.
	50 °C 'de 5 dak.
	80 °C'de 2 dak.
Depolama süresi	- 12 Ay
İnceltici	Su
Donma direnci	- 30 °C
Tebeşirleşme	+ 5 °C
Uygulama alanı	Yüzey yapıştırma, pencere, kapı imalatı, laminat yapıştırma, en ve boy birleştirmelerin yapıştırılması, yüksek frekans (20000 kHz) yapıştırma vb.
İnsan sağlığına etkisi	Karışım toksik etkisi olan izosiyanat içerdiği için insan sağlığına olumsuz etki yapmaktadır. Temas halinde eller hemen su ile yıkanmalıdır.

4.3.3. Melamin formaldehit tutkalı

Melamin formaldehit (MF) tutkalı, melaminin formaldehit ile kondenzasyonu sonucu elde edilmektedir. Melamin formaldehit üretiminde; reaksiyon pH'ı 5-6 ortamında, 1

mol melaminin 6 mol formaldehit ile karıştırılmasıyla başlar ve kademeli olarak ilerler. Reaksiyon sonu beklenmeden, kondenzasyon ürünleri henüz suda çözülebilir durumda iken, çözeltinin nötrleştirilmesi ve soğutulması ile yarıda durdurulur. Serin ve kuru bir yerde muhafaza edildiği takdirde toz halindeki reçine bir yıl dayanabilmektedir [Pizzi, 1994; Bozkurt ve Göker, 1990; Huş, 1977].

Yapışma sırasında ısı ve sertleştirici etkisiyle reaksiyon yeniden başlar ve sonunda çözülmeyen, erimeyen dönüşümsüz katı madde oluşur [Kalaycıoğlu, 1991]. Bu tutkal 90-140 °C sıcaklıklarda herhangi bir sertleştirici madde ilave edilmeksizin sertleşebilmektedir. Melaminin suda üreden daha az çözünmesiyle hidrofobik aşama melamin formaldehit reçineler oluşumunda üre formaldehit reçinelerinin kondenzasyonundan daha hızlı ortaya çıkar. Böylece, melamin formaldehit kondenzasyonun hidrofobik ara ürünleri reaksiyonun başlangıç evrelerinde görülmektedir [Eroğlu ve Usta, 2000].

Melamin formaldehit'in en iyi fiziksel özellikleri ile sertleşme veya kondenzasyon derecesi arasındaki korelasyon üzerine çeşitli araştırmalar yapılmış ve melamin formaldehit tutkallarının en iyi fiziksel özelliklerinin daima çapraz bağlanma ile ilişkili olduğu ortaya konulmuştur [Eroğlu ve Usta, 2000].

Pahalı bir tutkal olduğu için genellikle üre formaldehit tutkalına ilave edilerek kullanılır. Sulu çözeltinin dayanma süresi çok kısa olduğu için toz halinde satılır. Genellikle tabakalı ağaç malzeme üretiminde ve yüzeylerin kaplanmasında ve film tutkallarının üretiminde kullanılır [Özen, 1981].

Melamin formaldehit reçinesi için %50'ye kadar dolgu maddeleri kullanılabilir. Bu amaçla; kaolin, jips, odun pudrası, nisasta, hindistan cevizi kabuğu unu gibi organik dolgu maddeleri kullanılmaktadır. Saf tutkal konsantre edilmiş halde dahi çok akıcıdır. Katı madde oranı artışı suya karşı direnç üzerine etki yapmaktadır. %100'e kadar dolgu maddesi ilave edildiğinde tutkal kaynar suya, %150-200 arasında, ortam sıcaklığındaki suya karşı direnç gösterirken %200'ün üzerinde tutkallama mümkün olmakla birlikte suya karşı duyarlıdır [Pizzi, 1994].

Fenol formaldehit tutkalına ise parlaklık ve açık renklilik bakımından üstünlük sağlarlar. En büyük dezavantajı fiyatının üre ve fenol formaldehit tutkallarından yüksek olmasıdır. Saf olarak kullanıldığı takdirde kaynama ve dış hava şartlarına çok dayanıklıdır. Çoğunlukla üre formaldehit tutkalına karıştırılarak kullanılmaktadır. Üre formaldehit tutkalı ile %25-75 oranında karıştırıldığında suya karşı yeterince dayanabilmektedir. Ayrıca %10-15 resorsin katılmak suretiyle, ahşap levhalara metal yapıştırmada kullanılabilir. Bu tutkal kaplama, enine ekleme ve yüksek frekansla lamine levha üretiminde kullanılabilir [Eroğlu, 1988]. Bu çalışmada kullanılan MF tutkalının viskozitesi firma kataloğunda 40-80 cps 20 ± 2 °C olduğu bildirilmiştir.

4.3.4. Resorsin formaldehit tutkalı

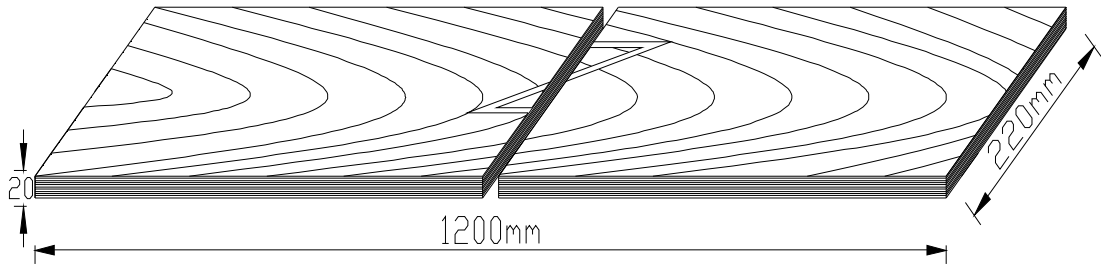
Resorsin iki moleküllü bir fenoldür. Resorsin formaldehit tutkalı (RF) pahalı olması sebebiyle çok kullanılmayan ancak her türlü açık hava koşullarına, kaynar suya, asitlere ve çözücülere karşı dayanıklı bir tutkal çeşididir. Üretimi fenol formaldehit tutkalında olduğu gibidir. Yine reaksiyon, birbirinden kesin sınırlarla ayrılmayan üç safhada tamamlanır ve tutkal A, B ve C durumlarını gösterir. Resorsin, fenole kıyasla iki kat daha aktiftir. Bu nedenle formaldehite karşı çok düşük sıcaklıklarda dahi reaksiyon gösterir. Kondenzasyon, oda sıcaklığında ve nötr ortamda son safhaya kadar devam eder. Sadece çözeltide formaldehit fazlalığı olmalıdır. Bu nedenle malzemeye zarar vermeden soğuk yapışma mümkün olur ki bu özelliği ile fenol formaldehit tutkalından üstündür. Soğuk yapıştırma yapabilmek için çözelti pH değerinin çok fazla düşürülmesi zorunludur [Kalaycıoğlu, 1991].

Saf olarak sadece özel amaçlar için kullanılır. Daha çok diğer tutkallarla özellikle fenol formaldehit'e ilave edilir. Bu tutkala genellikle dolgu maddesi ilave edilmemekle birlikte %10 oranında kullanılabilir. Bu amaçla bitkisel unlar, özellikle hindistan cevizi kabuğu unu tercih edilir. Protein ihtiva ettiğinden %40-45 oranında mısır glutin'i kullanılabilen tutkalın mekanik özellikleri ve dış hava şartlarına dayanıklılığı üzerine olumsuz etki yapmamakta, buna karşılık suya, rutubete ve mikroorganizmalara karşı direncini azaltmaktadır [Kalaycıoğlu, 2003].

Daha çok dış cephe elemanları, gemi ve kayık yapımı, köprü ve yapı marangozluğu ile uçak yapımında tercih edilmektedir. Kaynar suya karşı olan dayanımı ile dikkat çeker. Ayrıca; doğal ve yapay kauçuğun yapıştırılmasında, seramik ve tekstil parçalarının tutturulmasında da geniş kullanım alanına sahiptir [Huş, 1977; Nemli, 2003]. Bu çalışmada kullanılan RF tutkalının viskozitesi firma kataloğunda 90 cps 20 ± 2 °C olduğu bildirilmiştir.

4.4. Deney örneklerin hazırlanması

Laminasyon işlemi TS EN 386’de belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Hava kurusu papel kaplamalardan (ölçüldüğünde $\%12\pm 2$ rutubette olduğu tespit edilen) deney örneği taslakları 10 katmanlı olmak üzere RF, VTKA, PVAc-D₄, MF tutkalları ile 1200x220 mm boyutlarında preslenerek yeterli miktarda lamine levha şeklinde üretilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Üretilen lamine taslağı örneği

Katların tutkallanmasında tutkal çözeltisi yapıştırma yüzeylerinden yalnız bir tanesine $180- 200 \text{ gr /m}^2$ hesabıyla sürülmüştür. Tutkal çözeltisinin başlangıçtaki ağırlığı ile tutkallama işleminden sonraki ağırlığı tartılmış ve kullanılan tutkal miktarı tutkallanan toplam yüzeye bölünmüştür. MF, RF, PVAc-D₄ tutkalları hidrolik sıcak presde tutkal firmalarının önerileri doğrultusunda genellikle 80°C 12 kg/ cm^2 basınç ile 20 dak. süre ile, VTKA 20°C de 60 dak. süre ve 12 kg/ cm^2 basınç ile preslenmiştir.

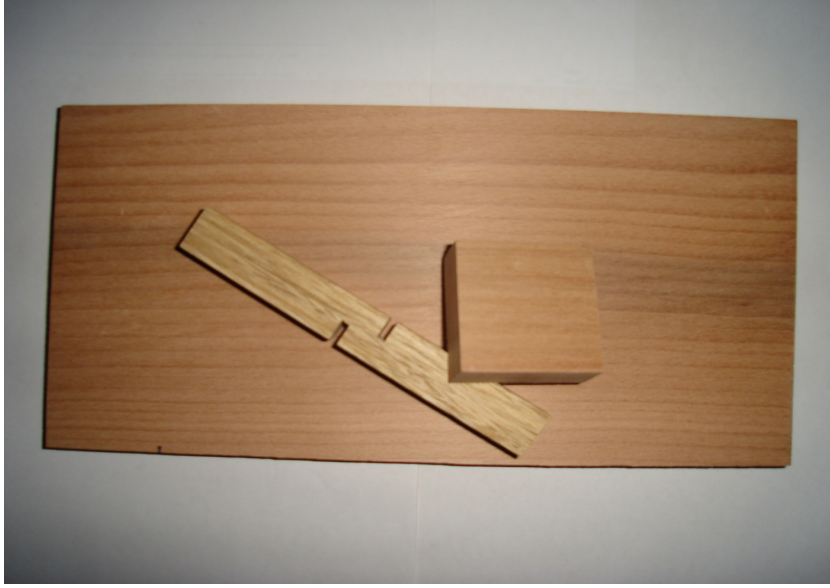
Üretilen levhalar 180 numaralı zımpara ile kontak zımparadan her iki yüzeyleri zımparalanmıştır.

4.4.1 Deneme Deseni

Boyutsal değişiminin ölçülmesi, şekil bozukluklarının (çarpılma/ burulma) ölçülmesi, katman yüzeyine paralel çekme direnci, katman yüzeyine dik çekme direnci çalışmaları için oluşturulan deneme deseni Çizelge 4.2’de verilmiştir. Resim 4.1’de hazırlanan deney örnekleri görülmektedir.

Çizelge 4.2. Dağal ve hızlandırılmış yaşlandırma deneme deseni

Ağaç Türü	İşlem Çeşidi	Ölçüm Çeşidi	Tutkal Turu			
			RF'li örnek sayısı	MF'li örnek sayısı	PVAc-D4'lü örnek sayısı	VTKA'lı örnek sayısı
ANADOLU KESTANESİ	Kontrol	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
	Emprenye li	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
	Dış cephe verniği	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
SARIÇAM	Kontrol	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
	Emprenye li	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
	Dış cephe verniği	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
SAPSIZ MEŞE	Kontrol	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
	Emprenye li	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
	Dış cephe verniği	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
DOĞU KAYINI	Kontrol	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
	Emprenye li	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
	Dış cephe verniği	Boyutsal değişim	5	5	5	5
		Şekil bozukluğu (çarpılma)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (//)	5	5	5	5
		Katman yapışma direnci (⊥)	5	5	5	5
Toplam		48	240	240	240	240
Genel Toplam		240x4=960 960x 2 (ortam çeşidi)= 1920 Doğal ve hızlandırılmış yaşlandırma örnek sayısı				



Resim 4.1. Hazırlanan doney örnekleri

4.5. Koruyucu Uygulama ve Deney Yöntemleri

Sapsız meşe, Doğu kayını, Anadolu kestanesi ve Sarıçam odunlarından üretilen 20x1200x220 mm boyutlarında lamine ağaç malzemelerin kenarları planya edildikten sonra yüksek devirli daire testere makinesinde, boyutsal değişiminin tespiti (TS 4084) için 30x65x19 mm, şekil bozukluklarının (çarpılma/ burulma) tespiti (TS EN 1310) için 200x300x19 mm, laminasyon katmanı yapışma direnci tespiti (paralel çekmeye karşı) (TS EN 205) için 150x20x19mm, laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) tespiti için 50x50x19mm (TS EN 319) ölçülerinde deney örnekleri kesilmiştir. Elde edilen deney örnekleri yaşlandırma işleminden önce vernik ve emprenye uygulamalarına tabi tutulmuştur.

4.5.1. Emprenye uygulama yöntemi

Deney örneklerinin emprenyesi ASTM D 1413-07 esaslarına göre yapılmıştır. Çözelti ve işlem sıcaklığı tüm emprenyeler için $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ olarak uygulanmıştır. Her bir emprenye işleminde 760 mm Hg değerinde 60 dak süreyle bir ön vakum uygulandıktan sonra, örnekler atmosferik basınçta çözelti içerisinde 60 dak süreyle

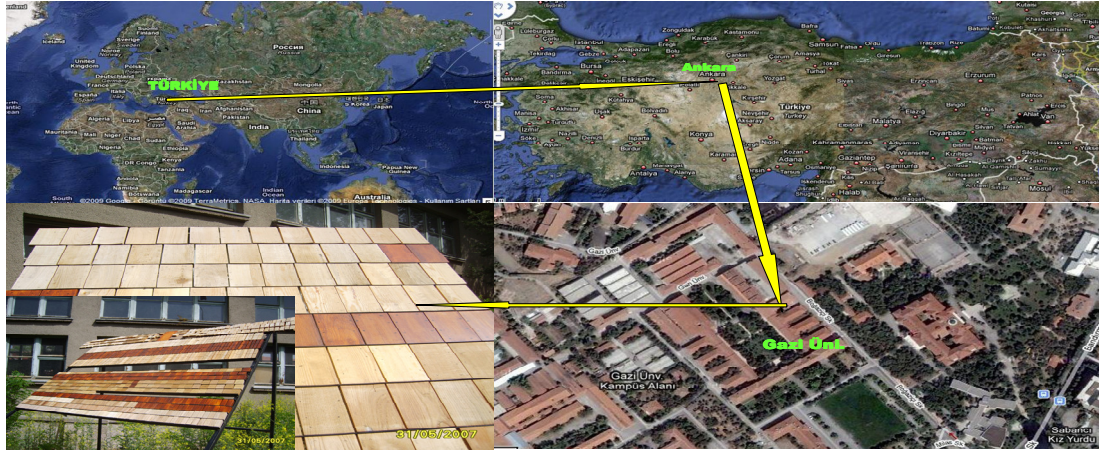
difüzyona bırakılmışlardır. Emprenye sonrası tam yaş halde ağırlık ve boyutları belirlenen örnekler iklimlendirme kabininde 60 ± 3 bağıl nem ve 20 ± 2 °C’ de %12 denge rutubet hale gelinceye kadar kondisyonlanmıştır. Denge rutubetine getirilen örnekler daha sonra doğal (dış ortam) ve hızlandırılmış (UV ortam) yaşlandırmaya tabi tutulmuştur.

4.5.2. Vernik uygulama yöntemi

Örnekler net ölçüsüne getirildikten sonra sistireleme, kaba zımpara ve lif kabarmalarını gidermek amacıyla ince zımparalama yapıldıktan sonra tozları alınarak verniklenmeden önce iklimlendirme kabininde %12 denge rutubetine getirilmiştir. Denge rutubetine getirilen örnekler vernikleme işlemine hazır hale getirilmiştir. Vernik sıvısının hazırlanmasında üretici firmaların tavsiyelerine uyulmuştur. Vernik fırça ile bir gün arayla 2 kat olarak uygulanmıştır. Birinci kat uygulamasından sonra ince bir zımpara yapılarak ikinci katın uygulanması yapılmıştır [Üretici firma, 2003].

4.5.3. Doğal yaşlandırma yöntemi (Dış ortamda bekletme)

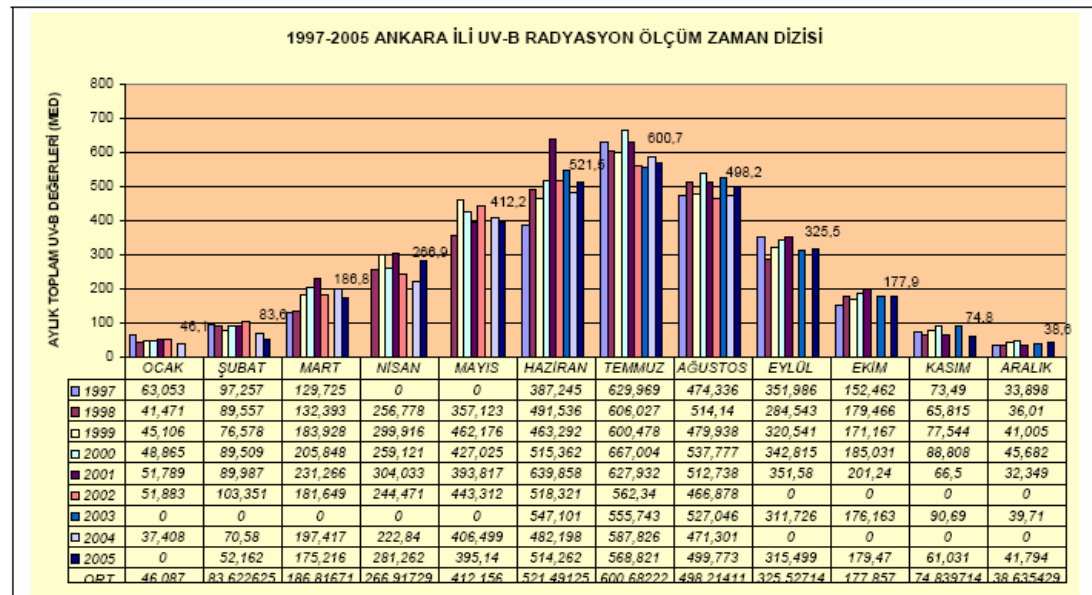
Kontrol (işlemsiz), vernikli ve emprenyeli örnekler 1/5/2007- 1/5/2008 tarihleri arasında 1 yıl süreyle, ASTM G7 standardında belirtilen esaslara göre Ankara da dış ortamda, yer zeminine 45° eğik konumda, yüzleri güneye bakacak şekilde yerleştirilmiştir (Resim 4.2). En alt seviyedeki test örneklerinin yüksekliği 50cm olup, stand çevresinde ot vb. organik artıklar ile topraktaki su oranını gereksiz yere artıracak ve su tutacak artıkların olmamasına özen gösterilmiştir. Ankara’nın 1997-2005 yılları arasına ait UV-B Radyasyon zaman dizisi (Şekil 4.2) ve 1975-2007 tarihleri arasındaki meteorolojik veriler verilmiştir (Çizelge 4.3).



Resim 4.2. Doğal yaşlandırmanın yapıldığı yer ve standın konumu

Çizelge 4.3. 1975-2007 meteorolojik veriler [www.meteor.gov.tr]

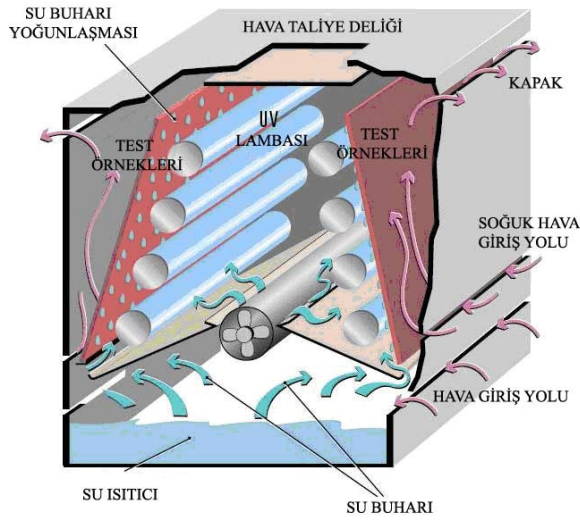
Ankara	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	7.ay	8.ay	9.ay	10.ay	11.ay	12.ay
Uzun yıllar içerisinde gerçekleşen ortalama değerler (1975-2007)												
Ortalama sıcaklık °C	0.4	1.9	6.0	11.2	15.9	19.9	23.4	22.9	18.5	12.9	6.6	2.3
Ortalama en yüksek sıcaklık °C	4.3	6.5	11.6	17.0	22.0	26.3	30.0	29.8	25.9	19.7	12.3	6.1
Ortalama en düşük sıcaklık °C	-2.9	-2.2	0.8	5.7	9.6	12.9	16.0	15.8	11.7	7.3	2.2	-0.8
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	2.6	4.0	5.6	6.4	8.6	10.4	11.4	10.9	9.4	6.6	4.4	2.4
Ortalama yağışlı gün sayısı	11.5	10.2	10.2	12.6	12.4	9.3	4.0	3.3	3.7	7.3	9.0	11.1
Uzun yıllar içerisinde gerçekleşen en yüksek ve en düşük değerler (1975-2007)												
En yüksek sıcaklık	16.6	19.9	25.7	30.3	33.0	37.0	40.8	39.0	36.0	32.2	24.4	18.8
En düşük sıcaklık	-21.	-21.5	-19.	-6.7	-1.6	5.0	6.8	7.2	2.8	-3.4	-8.8	-14.6



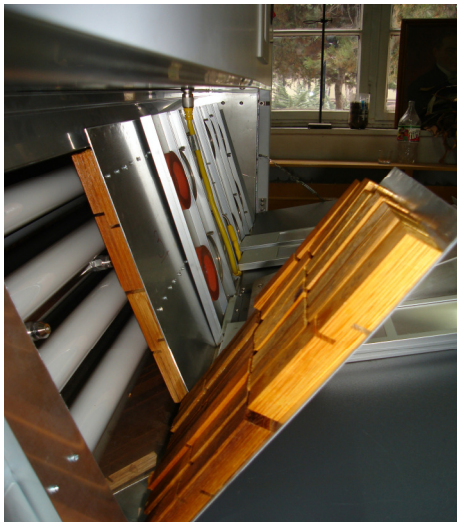
Şekil 4.2. 1997–2005 yılları arasında ait UV-B Radyasyon zaman dizisi [www.meteor.gov.tr/2006/]

4.5.4. Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemi (UV ortamda bekletme)

Kontrol (işlemsiz), emprenyeli ve vernikli örnekler, laboratuvar ortamında ASTM G 154 ve ASTM G 151-06 esaslarına göre hızlandırılmış yaşlandırma testine tabi tutulmuş ve sonuçlar kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır. Örnekler UV hızlandırılmış test cihazında 8 saat UV 60 (± 3) °C, 4 saat yoğunlaşma 50 (± 3) °C döngüsel program ile Resim Şekil 4.3’de görülen ortamda Resim 4.3’ de ki gibi yerleştirilerek 240 saat hızlandırılmış yaşlandırma uygulanmıştır.



Şekil 4.3. Deney örneklerinin bekletildiği UV ortam [Atlas, 2008]



Resim 4.3. Hızlandırılmış yaşlandırma test cihazı

Cihazın teknik özellikleri

- Işık kaynağı 8 adet 400 watt UVA 340 lamba
- Işık kaynağı dedektörü smart light monitör
- Yüzey sıcaklığı aralığı 30–90°C
- Yüzey sıcaklığı kontrolü $\pm 2^\circ\text{C}$
- Su sıcaklığı aralığı 30–60°C
- Lamba enerji kontrolü standart
- Kalibrasyon cihazı ön kalibrasyonlu kalibrasyon cihazı
- Su spreyi örneklerde su esaslı aşınma ve ısıl şoka ihtiyaç duyan yaşlandırma testleri için kullanılır. 12 sprej nozülü kullanır. Nozüller kullanıcı tarafından seçilebilen periyotlarda üniform bir ıslanma sağlar, de-iyonize su ihtiyacı 7,2 l/min, de-iyonize su basıncı 193 kPa'dır [Atlas, 2008].

4.5.5. Hava kurusu yoğunluk

Hava kurusu yoğunluk tayininde, TS 2472 esaslarına göre 20x20x30 mm boyutlarındaki örnekler kullanılmıştır. Örneklerin hava kurusu yoğunlukları TS 2472'e uyularak belirlenmiştir. Buna göre; deney örnekleri $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl nem şartlarında bekletilerek değişmez ağırlığa ve boyutsal stabiliteye ulaştıktan sonra, 0,01g duyarlılık analitik terazide tartılmış, boyutları $\pm 0,01\text{mm}$ duyarlılık kumpas ile ölçülerek hacimleri belirlendikten sonra hava kurusu haldeki ağırlık (M_{12}) ve hacim (V_{12}) değerine göre hava kurusu yoğunluk (δ_{12});

$$\delta_{12} = M_{12} / V_{12} \text{ g/cm}^3 \quad (4.1)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada;

M_{12} = Örnek ağırlığı (g)

V_{12} = Örnek hacmi (cm^3)

4.5.6. Retensiyon miktarı (kg/m³) tespiti

Deney örneklerinin emprenyesi ASTM D 1413–07 esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Hava kurusu haldeki test örnekleri, emprenye işleminde 760 mm Hg değerinde 60 dak süreyle bir ön vakum uygulandıktan sonra, örnekler atmosferik basınçta çözelti içerisinde 60 dak süreyle difüzyona bırakılmışlardır. Emprenyeden sonra, örnekler, organik çözücünün buharlaşması için oda şartlarında 10–15 gün bekletilmiş, tekrar hava kurusu %12±1 denge rutubetine ulaşmaya kadar iklimlendirme kabininde %60±5 bağıl nem ve 20±2 °C’de kondisyonlanmıştır. Böylece, emprenye maddesi tutunma (retensiyon) miktarları (R -Kg/m³),

$$R = G \times C / V \times 10 \text{ Kg/m}^3 \quad (4.2)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. Burada;

$$G = T_2 - T_1$$

$$T_2 = \text{Emprenye sonrası örnek ağırlığı [g]}$$

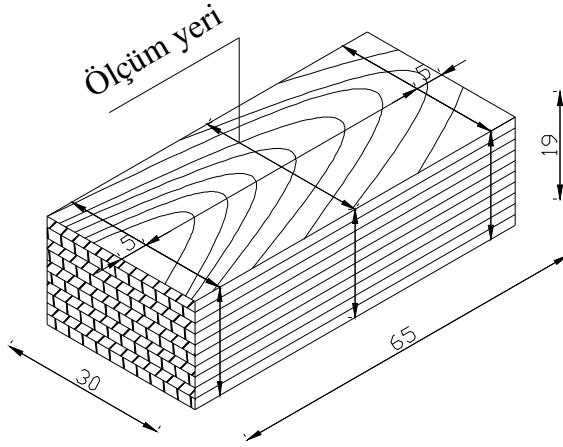
$$T_1 = \text{Emprenye öncesi örnek ağırlığı [g]}$$

$$V = \text{Örnek hacmi [cm}^3\text{]}$$

$$C = \text{Çözelti konsantrasyonu [\%]}$$

4.5.7. Boyutsal değişim (çalışma) ölçümleri

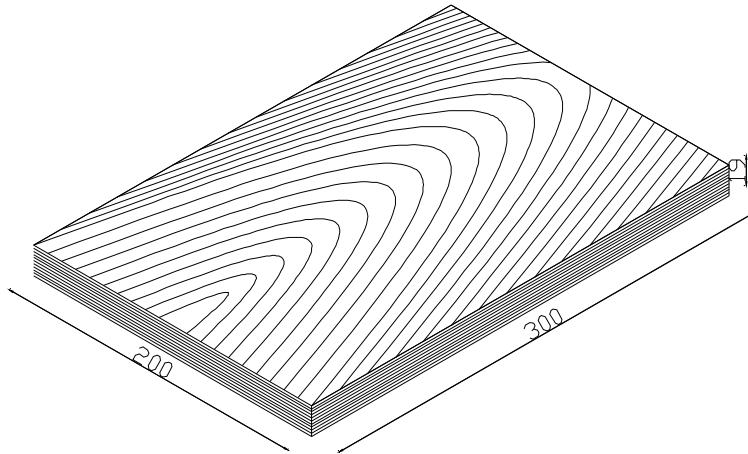
Ağaç malzemenin boyutsal değişimi TS 4084 esaslarına göre belirlenmiştir. Bu maksatla her ağaç türünden her bir işlem türü için 19x30x65 mm boyutlarında 5’er adet toplam 480 [ağaç türü (4) x işlem çeşidi (3) x tutkal çeşidi (4) x ortam çeşidi (2) x tekrür (5)] deney örnekleri hazırlanmıştır (Şekil 4.4). Deney örnekleri yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ±0.01 hassasiyetli dijital kumpasla kenarlardan 5’er mm içerden ve örneğin tam ortasından olmak üzere genişlik ve kalınlık yönünde 3’er ölçüm alınmıştır.



Şekil 4.4. Boyutsal değişim deney örneği (ölçüler mm)

4.5.8. Şekil bozukluğunun (çarpılma/ burulma) tespiti

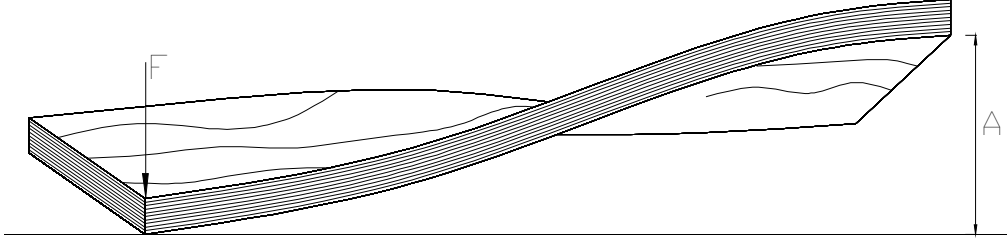
Şekil bozukluğunun ölçülmesinde TS EN 1310 esas alınmıştır. Lamine edilmiş ağaç malzemelerden her ağaç ve işlem çeşidi için 19x200x300 mm boyutlarında 5'er adet olmak üzere toplam 480 [ağaç türü (4) x işlem çeşidi (3) x tutkal çeşidi (4) x ortam çeşidi (2) x tekrür (5)] deney örneği hazırlanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Şekil bozukluğunun (çarpılma/burulma) tespiti örneği

Yaşlandırmanın ağaç malzemenin üç yönde farklı çalışması sebebiyle başlangıçta düzgün olan kenar, yüzey ve profillerde eğilme, burulma oluklaşma gibi şekil farklılaşmaları oluşabilmektedir. Farklılaşmada ağaç türü, kullanılan emprenye maddesi gibi faktörler rol oynayabilir. Ölçümlerde levhalar bir çelik plaka üzerinde

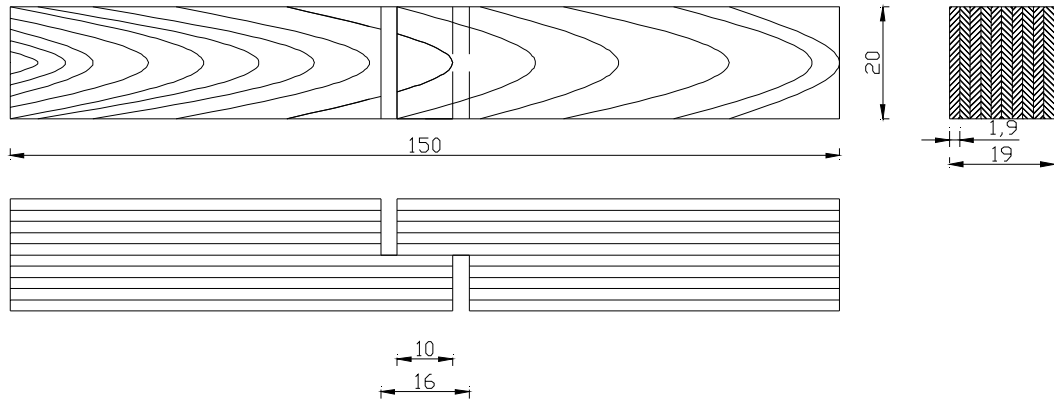
oturtularak bir referans noktaya göre en büyük çarpılma miktarı ± 0.01 hassasiyetli dijital kumpas ile belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Şekil bozukluklarının tespiti

4.5.9. Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı) deneyi

Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekme) deneyi TS EN 205 esaslarına göre yapılmıştır. Lamine edilmiş ağaç malzemelerden her ağaç ve işlem çeşidi için 19x20x150 mm boyutlarında 5'er adet olmak üzere toplam 480[ağaç türü (4) x işlem çeşidi (3) x tutkal çeşidi (4) x ortam çeşidi (2) x tekrür (5)] deney örneği hazırlanmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı) deneyi (ölçüler mm)

Doğal ve hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucunda 60 ± 5 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklık şartlarında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar iklimlendirme kabini bekletilmiştir. Daha sonra deney örneklerine G.Ü. Mobilya Dekorasyon Eğitimi

Bölüm laboratuvarında üniversal test cihazında (Resim 4.4), 2 mm/dk yükleme hızıyla katman yüzeyine paralel, kademeli çekme kuvveti uygulanarak tutkal hattından koparılmaya çalışılmıştır.



Resim 4.4. Üniversal test makinesi

Kopma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) tespit edilerek yapışma direnci (σ_y);

$$\sigma_y = F_{max} / A = F_{max} / (a \times b) \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (4.3)$$

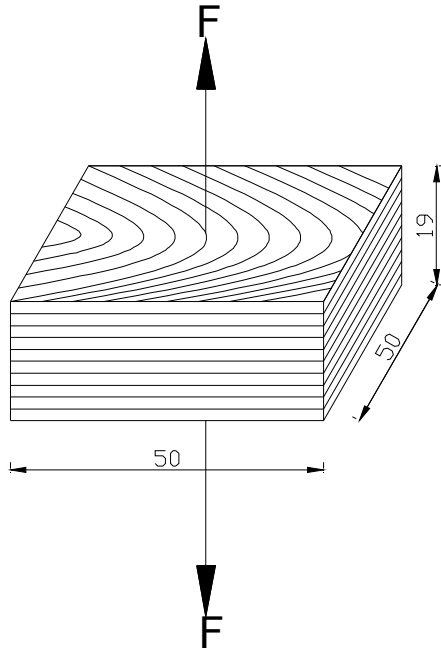
eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada,

($a \times b$) = yapışma yüzey alanı (mm^2).

4.5.10. Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) deneyi

Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekme) deneyi TS EN 319 esaslarına göre yapılmıştır. Bu maksatla her ağaç türü ve işlem çeşidi için 50x50x19 mm boyutlarında 5'er adet olmak üzere toplam 480 [ağaç türü (4) x işlem çeşidi (3) x tutkal çeşidi (4) x ortam çeşidi (2) x tekerrür (5)] adet deney örneği hazırlanmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) deneyi örneği

Doğal ve hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucunda 60 ± 5 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklık şartlarında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar iklimlendirme kabinde bekletilmiştir. Daha sonra deney örneklerine G.Ü. Mobilya Dekorasyon Eğitimi Bölüm laboratuvarında universal test cihazında, 2 mm/dk yükleme hızıyla katman yüzeyine dik, kademeli çekme kuvveti uygulanarak tutkal hattından koparılmaya çalışılmıştır.

Kopma anındaki maksimum kuvvet ($F_{\max}$) tespit edilerek yapışma direnci (σ_y);

$$\sigma_y = F_{\max} / A = F_{\max} / (a \times b) \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4.4)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada,

($a \times b$) = yapışma yüzey alanı (mm^2).

4.6. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada $4 \times 4 \times 3 \times 2 \times 4 \times 5 = 1920$ (ağaç türü, tutkal çeşidi, işlem çeşidi, ortam çeşidi, deney çeşidi, tekerrür) adet yapışma direnci deney numunesi hazırlanmıştır. Deney

sonrası elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS paket programından faydalanılmıştır. Çalışmada faktörlerin elde edilen sonuçlar üzerinde anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek için varyans analizi yapılmıştır. Faktörler üzerinde, farklılığın $p<0,05$ ’ e göre istatistiksel anlamda önemli çıkması halinde boyutunu belirleyebilmek için Duncan testinden yararlanılmıştır. Karşılaştırmalarda en yüksek ortalamalar “A” harfi ile sembolize edilmiştir.

5. BULGULAR

5.1. Fiziksel Özellikler

5.1.1. Hava kurusu yoğunluk

Deney örneklerinin hava kurusu yoğunluklarına ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Sapsız meşe, Anadolu kestanesi, Sarıçam, Doğu kayını kontrol gruplarının ortalama hava kurusu yoğunluk değerleri (gr/cm³)

Ağaç Türü	Tutkal	δ	Std.Sap	Ağaç Türü	Tutkal	δ	Std.Sap
Sapsız Meşe	PVAc-D4	0,72	0,0034	Anadolu Kestanesi	PVAc-D4	0,71	0,0031
	VTKA	0,67	0,0135		VTKA	0,65	0,0211
	RF	0,71	0,0212		RF	0,63	0,0154
	MF	0,66	0,0106		MF	0,68	0,0421
Doğu Kayını	PVAc-D4	0,75	0,0073	Sarıçam	PVAc-D4	0,58	0,0136
	VTKA	0,76	0,0181		VTKA	0,58	0,0652
	RF	0,71	0,0102		RF	0,57	0,0328
	MF	0,72	0,0077		MF	0,58	0,0164

δ : Hava kurusu yoğunluk, Std.sap: Standart sapma

Buna göre, lamine deney örneklerinde hava kurusu haldeki (%12) yoğunluk en yüksek VTKA tutkallı Doğu kayınında 0,76 g/cm³, en düşük RF tutkallı Sarıçamda 0,57 g/cm³ bulunmuştur.

Litaratürde, sözkonusu masif ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunlukları; Sapsız meşede 0,69 g/cm³, Doğu kayınında 0,66 g/cm³, Anadolu kestanesinde 0,62 g/cm³, Sarıçamda 0,52 g/cm³ elde edildiği bildirilmiştir [Bozkurt, 1982].

5.1.2. Emprenye maddelerinin retensiyon miktarı (Kg/ m³)

Parafin, bezir yağı karışımı ile emprenye işlemi sonucu elde edilen retensiyon miktarı Çizelge 5.2’de verilmektedir.

Çizelge 5.2. Emprenye maddelerinin ağaç türlerine göre retensiyon miktarı (Kg/ m³)

Ağaç Türü	Tutkal	X _{Ort.}	Std.Sp	Ağaç Türü	Tutkal	X _{Ort.}	Std.Sp
Sapsız Meşe	PVAc-D4	82,150	2,617	Anadolu Kestanesi	PVAc-D4	142,771	10,327
	VTKA	81,230	4,714		VTKA	83,848	12,061
	RF	41,060	8,781		RF	83,831	11,841
	MF	77,599	14,801		MF	116,696	7,803
Doğu Kayın	PVAc-D4	65,720	5,424	Sarıçam	PVAc-D4	72,778	11,929
	VTKA	84,905	7,296		VTKA	163,906	54,248
	RF	76,200	22,348		RF	87,000	19,823
	MF	71,242	13,493		MF	93,873	11,309

X_{Ort.}(%): Ortalama değer, Std.Sp: Standart sapma

Buna göre parafin, bezir yağı karışımı ile emprenye işlemi sonucu elde edilen en yüksek retensiyon miktarı VTKA tutkallı Sarıçamda 163 Kg/ m³, en düşük RF tutkallı Sapsız meşede 41,060 Kg/ m³ elde edilmiştir.

5.1.3. Boyutsal değişim (şişme)

Bir yıl süre boyunca (1/5/2007-1/5/2008) dış ortama bırakılan örnekler ile UV yaşlandırma cihazına bırakılan (240 saat) örneklerin kalınlık ve genişlik yönündeki boyutsal değişimleri ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır.

Genişlik yönünden boyutsal değişim

Doğal ve UV yaşlandırmaya maruz bırakılan kontrol, emprenyeli ve vernikli deney örneklerinin genişlik yönünde boyutsal değişim ortalamaları Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Genişlik yönünde boyutsal değişim ortalama değerleri (%)

İşlem Türü	Ağaç Türü	Ortam çeşidi Tutkal çeşidi	Dış Ortam		UV Lab. Ortamı	
			X _{ort.}	Std. Sp.	X _{ort.}	Std. Sp.
Kontrol	Sapsız Meşe	PVAc-D4	1,788	0,396	1,084	0,196
		VTKA	1,188	0,135	1,106	0,176
		RF	0,870	0,075	0,734	0,153
		MF	1,290	0,300	1,230	0,081
	Doğu Kayını	PVAc-D4	1,684	0,249	0,896	0,160
		VTKA	2,406	0,338	1,822	0,396
		RF	1,618	0,265	0,742	0,402
		MF	1,062	0,157	1,666	0,571
	Anadolu Kestane	PVAc-D4	1,182	0,177	1,086	0,205
		VTKA	0,686	0,083	0,786	0,292
		RF	0,828	0,150	0,392	0,127
		MF	1,340	0,168	1,188	0,208
	Sarıçam	PVAc-D4	0,594	0,056	0,972	0,242
		VTKA	1,998	0,209	1,688	0,320
		RF	1,262	0,230	0,730	0,264
		MF	1,040	0,092	0,870	0,349
Emprenye	Sapsız Meşe	PVAc-D4	0,706	0,070	0,618	0,322
		VTKA	0,480	0,113	0,584	0,228
		RF	0,488	0,038	0,670	0,207
		MF	1,198	0,229	0,768	0,365
	Doğu Kayını	PVAc-D4	1,016	0,123	0,748	0,217
		VTKA	1,584	0,091	1,222	0,229
		RF	0,888	0,192	0,448	0,260
		MF	0,206	0,033	0,832	0,060
	Anadolu Kestane	PVAc-D4	0,210	0,074	0,450	0,231
		VTKA	0,256	0,075	0,442	0,301
		RF	0,354	0,099	0,238	0,077
		MF	0,612	0,114	0,422	0,213
	Sarıçam	PVAc-D4	0,326	0,062	0,494	0,207
		VTKA	1,314	0,146	0,554	0,201
		RF	1,128	0,170	0,360	0,143
		MF	0,978	0,063	0,538	0,152
Vernik	Sapsız Meşe	PVAc-D4	0,392	0,022	0,352	0,208
		VTKA	0,308	0,221	0,754	0,158
		RF	0,178	0,165	0,456	0,196
		MF	0,404	0,208	0,568	0,303
	Doğu Kayını	PVAc-D4	0,396	0,078	0,874	0,245
		VTKA	1,808	0,219	0,630	0,275
		RF	0,366	0,122	0,044	0,023
		MF	0,164	0,059	0,994	0,083
	Anadolu Kestane	PVAc-D4	0,208	0,067	0,608	0,181
		VTKA	0,348	0,178	0,260	0,142
		RF	0,148	0,054	0,274	0,115
		MF	0,320	0,067	0,242	0,238
	Sarıçam	PVAc-D4	0,850	0,156	0,458	0,279
		VTKA	0,588	0,232	0,336	0,293
		RF	0,476	0,208	0,270	0,195
		MF	0,302	0,143	0,460	0,365

X_{ort.}: Ortalama değer, Std.sp: Standart sapma

Buna göre, genişlik yönünde en yüksek boyutsal değişim kontrol örneklerinden dış ortamda bekletilmiş VTKA tutkallı Doğu kayınında % 2,406 ve UV ortamda bekletilmiş VTKA tutkallı Doğu kayınında %1.822, emprenyeli örneklerden dış

ortamda bekletilmiş VTKA tutkallı Doğu kayınında % 1,584, UV ortamda bekletilmiş VTKA tutkallı Doğu kayınında %1,222, vernikli örneklerden dış ortamda bekletilmiş VTKA tutkallı Doğu kayınında % 1,808, UV ortamda bekletilmiş MF tutkallı Doğu kayınında % 0,994, en düşük ise; kontrol örneklerinden dış ortamda bekletilmiş PVAc-D₄ tutkallı Sarıçamda % 0,594 ve UV ortamda bekletilmiş RF tutkallı Anadolu kestanesinde % 0,392, emprenyeli örneklerden dış ortamda bekletilmiş MF tutkallı Doğu kayınında % 0,206, UV ortamda bekletilmiş RF tutkallı Anadolu kestanesinde % 0,238, vernikli örneklerden dış ortamda bekletilmiş RF tutkallı Anadolu kestanesinde % 0,148 ve UV ortamda bekletilmiş RF tutkallı Doğu kayınında % 0,044 olarak elde edilmiştir.

Kontrol, vernik ve su itici emprenye maddeleri ile emprenye edilen Sarıçam, Doğu kayını, Sapsız meşe, Anadolu kestanesinden lamine deney örneklerinin açık hava ve UV ortamda bekletme sonucu oluşan genişlik ölçümü yapılmış ve ağaç türü, işlem çeşidi, tutkal çeşidi ve ortam çeşidinin genişlik yönünde boyutsal değişime etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Ağaç türü, işlem, tutkal ve ortam çeşitlerinin genişlik yönünde boyutsal değişime etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem düzey % 5
Ortam	1,798	1	1,798	40,393	0,000
İşlem	44,116	2	22,058	495,466	0,000
Ağaç	13,167	3	4,389	98,587	0,000
Tutkal	8,851	3	2,950	66,267	0,000
Ortam * İşlem	1,394	2	0,697	15,658	0,000
Ortam * Ağaç	1,351	3	0,450	10,113	0,000
İşlem * Ağaç	0,862	6	0,144	3,227	0,004
Ortam * İşlem * Ağaç	1,257	6	0,209	4,705	0,000
Ortam * Tutkal	2,267	3	0,756	16,976	0,000
İşlem * Tutkal	1,702	6	0,284	6,370	0,000
Ortam * İşlem * Tutkal	1,356	6	0,226	5,077	0,000
Ağaç * Tutkal	12,965	9	1,441	32,358	0,000
Ortam * Ağaç * Tutkal	9,443	9	1,049	23,568	0,000
İşlem * Ağaç * Tutkal	7,459	18	0,414	9,307	0,000
Ortam * İşlem * Ağaç * Tutkal	3,997	18	0,222	4,988	0,000
Hata	17,096	384	0,045		
Toplam	412,719	480			

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre, ortam, tutkal çeşidi, ağaç türü, işlem çeşidi ve bunların kendi içersindeki tüm etkileşimlerinin genişlik yönünde boyutsal

değişimleri üzerinde önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları aşağıda Çizelge 5.5-16'da verilmiştir.

Ortam çeşidi, işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde farklılık oluşturan gurubu veya grupları (alt değişkenleri) tespit etmek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Ağaç türü, ortam, işlem ve tutkal çeşidi değişkenlerinin genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Faktör		$X_{Ort.}$	HG.
Ortam çeşidi	Dış ortam	0,830	A
	UV	0,707	B
LSR: 0,123			
İşlem çeşidi	Kontrol	1,182	A
	Emprenye	0,660	B
	Vernik	0,464	C
LSR: 0,196			
Ağaç türü	Sarıçam	0,774	B
	Doğu Kayını	1,005	A
	Anadolu kestanesi	0,537	C
	Sapsız Meşe	0,759	B
LSR: 0,222			
Tutkal çeşidi	PVAC-D4	0,750	B
	MF	0,779	B
	VTKA	0,964	A
	RF	0,582	C
LSR: 0,197			

$X_{Ort.}$: Ortalama değer, H.G: Homojenlik gurubu

Buna göre, genişlik yönünde boyutsal değişim ortam çeşidi bakımından en yüksek dış ortamda %0,830, , işlem çeşidi bakımından kontrollerde %1,182, ağaç türü bakımından Doğu kayınında %1,005 ve tutkal çeşidi bakımından VTKA tutkallılarda %0,964, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı %85 elde edilmiştir. En düşük boyutsal değişim ise; ortam çeşidi bakımından UV ortamda %0,707, işlem çeşidi bakımından verniklilerde %0,464, ağaç türü bakımından Anadolu kestanesinde %0,537 ve tutkal çeşidi bakımından RF tutkallılarda %0,582 elde edilmiştir.

Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ağaç \ Tutkal	PVAC-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Sarıçam	0,616	DEF	0,698	CDE	1,080	B	0,704	CDE
Doğu Kayın	0,936	BC	0,821	BCD	1,845	A	0,684	CDE
Anadolu kestanesi	0,624	DEF	0,687	CDE	0,463	EF	0,372	F
Sapsız Meşe	0,823	BCD	1,076	B	0,737	CDE	0,566	DEF

LSR: 0,091, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre genişlik artışı en yüksek VTKA tutkallı Doğu kayınında %1,845, en düşük RF tutkallı Anadolu kestanesinde %0,372 elde edilmiştir.

Ağaç türü- işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Ağaç türü- işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%), (mm)

Ağaç \ İşlem	Sarıçam		Doğu Kayını		Anadolu kestanesi		Sapsız Meşe	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Kontrol	1,144	B	1,487	A	0,936	C	1,161	B
Emprenye	0,711	D	0,868	C	0,373	EF	0,689	D
Vernik	0,467	E	0,660	D	0,301	F	0,427	EF

LSR: 0,072, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre, genişlik artışı en yüksek Doğu kayınında %1,487 en düşük vernikli Anadolu kestanesinde %0,301 elde edilmiştir.

İşlem ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. İşlem ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

İşlem \ Tutkal	PVAC-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Kontrol	1,161	B	1,211	B	1,460	A	0,897	C
Emprenye	0,571	EFG	0,694	DE	0,805	CD	0,572	EFG
Vernik	0,517	FG	0,432	G	0,629	EF	0,277	H

LSR: 0,054, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre, genişlik artışı en yüksek VTKA tutkallılarda %1,460, en düşük RF tutkallı verniklilerde %0,277 elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.9’de verilmiştir.

Çizelge 5.9. Ortam çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ortam \ Ağaç	Sarıçam		Doğu Kayını		Anadolu kestanesi		Sapsız Meşe	
	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış	0,905	B	1,100	A	0,541	E	0,774	C
Uv	0,644	D	0,910	B	0,532	E	0,744	C

LSR: 0,1, X_{Ort}: Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre, genişlik artışı en yüksek dış ortamdaki Doğu kayınında %1,100, en düşük UV ortamdaki Anadolu kestanesinde %0,532 , UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; Sarıçamda %71, Doğu kayınında %82, Anadolu kestanesinde %98, Sapsız meşede %96 elde edilmiştir.

Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.10’da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönün de boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ortam \ Tutkal	PVAC-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış	0,779	BCD	0,743	CD	1,080	A	0,717	D
Uv	0,720	D	0,815	BC	0,849	B	0,447	E

LSR: 0,026, X_{Ort}: Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre, genişlik artışı en yüksek dış ortamdaki VTKA tutkallılarda %1,080, en düşük UV ortamdaki RF tutkallılarda %0,447, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; PVAc-D₄ tutkalında %92, MF tutkalında %109, VTKA tutkalında %77, RF tutkalında %62 elde edilmiştir.

Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ortam \ İşlem	Kontrol		Emprenye		Vernik	
	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış	1,302	A	0,734	C	0,454	E
Uv	1,062	B	0,587	D	0,474	E

LSR: 0,133, X_{Ort}: Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre, genişlik artışı en yüksek dış ortamdaki kontrollerde %1,302, en düşük UV ortamdaki verniklilerde %0,474, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; kontrollerde %82, emprenyelilerde %80, verniklilerde %104 elde edilmiştir.

Ağaç türü-işlem ve tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Ağaç türü-işlem ve tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ağaç x İşlem x Tutkal		Kontrol		Emprenye		Vernik	
		X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Sarıçam	PVAC-D4	0,783	HIJJKL	0,41	MNOPRS	0,654	IJKLMNOP
	MF	0,955	EFGHI	0,758	HIJJKL	0,381	NOPRS
	VTKA	1,843	B	0,934	FGHI	0,462	LMNOPRS
	RF	0,996	DEFGH	0,744	HIJJKL	0,373	NOPRS
Doğu Kayını	PVAC-D4	1,29	CD	0,882	GHIJ	0,635	IJKLMNOP
	MF	1,364	C	0,519	KLMNOPRS	0,579	JKLMNOPR
	VTKA	2,114	A	1,403	C	1,219	CDEF
	RF	1,18	CDEFG	0,668	IJKLMNOP	0,205	S
Kestane	PVAC-D4	1,134	CDEFG	0,33	OPRS	0,408	MNOPRS
	MF	1,264	CDE	0,517	KLMNOPRS	0,281	RS
	VTKA	0,736	HIJKLM	0,349	NOPRS	0,304	PRS
	RF	0,61	JKLMNPR	0,296	RS	0,211	S
Sapsız Meşe	PVAC-D4	1,436	C	0,662	IJKLMNOP	0,372	NOPRS
	MF	1,26	CDE	0,983	DEFGHI	0,486	KLMNOPRS
	VTKA	1,147	CDEFG	0,532	KLMNOPRS	0,531	KLMNOPRS
	RF	0,802	HIJK	0,579	JKLMNPR	0,317	PRS

LSR: 0,004, X_{Ort}: Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre, genişlik artışı en yüksek VTKA tutkalı Doğu kayınında %2,114, en düşük RF tutkalı Doğu kayını verniklide %0,205 elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ortam x Ağaç		İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
				X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış ortam	Sarıçam			1,224	BC	0,937	DE	0,554	HIİJ
	Doğu Kayını			1,693	A	0,924	DEF	0,684	EFGHI
	Anadolu kestanesi			1,009	CD	0,358	JK	0,256	K
	Sapsız Meşe			1,284	B	0,718	EFGHI	0,321	JK
UV	Sarıçam			1,065	BCD	0,487	İİJK	0,381	İJK
	Doğu Kayını			1,282	B	0,813	DEFGH	0,636	GHIİ
	Anadolu kestanesi			0,863	DEFG	0,388	İJK	0,346	JK
	Sapsız Meşe			1,039	BCD	0,660	FGHI	0,533	İİJ

LSR:0.01, X_{Ort.} Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre, genişlik artışı en yüksek dış ortamadaki Doğu kayınında %1,693, en düşük dış ortamdaki vernikli Anadolu kestanesinde %0,256 elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü-tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.14’de verilmiştir.

Çizelge 5.14. Ortam çeşidi-ağaç türü-tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ortam x Ağaç		Tutkal		PVAc-D4		VTKA		RF		MF	
				X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış ortam	Sarıçam			0,590	FGHIİJ	1,300	B	0,955	BCDEF	0,773	DEFGHIİ
	Doğu Kayını			1,032	BCD	1,933	A	0,957	BCDEF	0,477	HIİJ
	Anadolu kestanesi			0,533	GHIİJ	0,430	İJ	0,443	İİJ	0,757	DEFGHIİ
	Sapsız Meşe			0,962	BCDEF	0,659	EFGHIİJ	0,512	GHIİJ	0,964	BCDE
UV	Sarıçam			0,641	EFGHIİJ	0,859	CDEFG	0,453	İİJ	0,623	EFGHIİJ
	Doğu Kayını			0,839	CDEFGH	1,225	B	0,411	İJ	1,164	BC
	Anadolu kestanesi			0,715	DEFGHIİ	0,496	GHIİJ	0,301	J	0,617	EFGHIİJ
	Sapsız Meşe			0,685	DEFGHIİ	0,815	CDEFGHI	0,620	EFGHIİJ	0,855	CDEFG

LSR:0,009, X_{Ort.} Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre, genişlik artışı en yüksek dış ortamdaki VTKA tutkalı Doğu kayınında %1,933, en düşük UV’deki RF tutkalı Anadolu kestanesinde %0,301 elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-tutkal çeşidi-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.15’de verilmiştir.

Çizelge 5.15. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ortam x Tutkal		İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
				X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış ortam	PVAc-D4			1,312	B	0,565	GHI	0,462	HIİ
	VTKA			1,570	A	0,909	DEF	0,763	EFG
	RF			1,145	BCD	0,715	FGH	0,292	II
	MF			1,183	BC	0,749	FG	0,292	II
UV	PVAc-D4			1,010	CDE	0,578	GH	0,573	GH
	VTKA			1,351	AB	0,701	FGH	0,495	GHIİ
	RF			0,650	FGH	0,429	HIİ	0,261	i
	MF			1,239	BC	0,640	FGH	0,566	GHI

LSR:0,008, X_{Ort}. Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre, en yüksek genişlik artışı dış ortamdaki VTKA’da %1,570, en düşük UV ortamdaki vernikli RF tutkallılarda %0,261 elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem ve tutkal çeşidi dördümlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem ve tutkal çeşidi dörtlü etkileşiminde elde edilen genişlik yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

İşlem			Kontrol		Emprenye		Vernik	
			X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Ort x Ağaç x Tut			X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış ortam	Sarıçam	PVAc-D ₄	0,594	PRSTUVYZ-Z ₅	0,326	Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ -Z ₁₁	0,850	İJKLMNOPRS
		MF	1,040	EFGHIİJKLM	0,978	GHIİJKLMNO	0,302	Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₁
		VTKA	1,998	B	1,314	DEF	0,588	PRSTUVYZZ ₁ -Z ₆
		RF	1,262	EFG	1,128	EFGHIİ	0,476	TUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ -Z ₁₀
	Doğu Kayın	PVAc-D ₄	1,684	C	1,016	FGHIİJKLMN	0,396	ZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ -Z ₉ Z ₁₀
		MF	1,062	EFGHIİJKL	0,206	Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁	0,164	Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁
		VTKA	2,406	A	1,584	CD	1,808	BC
		RF	1,618	C	0,888	HIİJKLMNOP	0,366	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ -Z ₁₁
	Anadolu kestanesi	PVAc-D ₄	1,182	EFGHI	0,210	Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁	0,208	Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁
		MF	1,340	DE	0,612	PRSTUVYZ-Z ₃	0,32	Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₁
		VTKA	0,686	OPRSTUVYZZ ₁	0,256	Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁	0,348	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ -Z ₁₀ Z ₁₁
		RF	0,828	İJKLMNOPRS	0,354	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ -Z ₁₁	0,148	Z ₁₀ Z ₁₁
	Sapsız Meşe	PVAc-D ₄	1,788	BC	0,706	NOPRSTUVYZ	0,392	ZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ -Z ₉ Z ₁₀
		MF	1,290	EFG	1,198	EFGH	0,404	YZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ -Z ₁₀
		VTKA	1,188	EFGHI	0,480	TUVYZZ ₁ Z ₂ -Z ₁₀	0,308	Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₁
		RF	0,870	İJKLMNOPR	0,488	TUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ -Z ₉	0,178	Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁
Üv	Sarıçam	PVAc-D ₄	0,970	GHIİJKLMNO	0,494	TUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ -Z ₉	0,458	TUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ -Z ₁₀
		MF	0,870	İJKLMNOPR	0,538	STUVYZZ ₁ Z ₂ -Z ₈	0,460	TUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ -Z ₁₀
		VTKA	1,688	C	0,554	RSTUVYZZ ₁ -Z ₇	0,336	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ -Z ₁₀ Z ₁₁
		RF	0,730	MNOPRSTUVY	0,360	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ -Z ₁₁	0,270	Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₁
	Doğu kayın	PVAc-D ₄	0,896	HIİJKLMNOP	0,748	LMNOPRSTUV	0,874	İİJKLMNOPS
		MF	1,666	C	0,832	İJKLMNOPRS	0,994	FGHIİJKLMNO
		VTKA	1,822	BC	1,222	EFG	0,63	PRSTUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃
		RF	0,742	LMNOPRSTUV	0,448	UVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ -Z ₁₀	0,044	Z₁₁
	Anadolu kestanesi	PVAc-D ₄	1,086	EFGHIİJK	0,450	UVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ -Z ₁₀	0,608	PRSTUVYZZ ₁ Z ₂ -Z ₄
		MF	1,188	EFGHI	0,422	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ -Z ₁₀	0,242	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁
		VTKA	0,786	JKLMNOPRST	0,442	UVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ -Z ₁₀	0,26	Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₁
		RF	0,392	ZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ -Z ₁₀	0,238	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₁	0,274	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₀ Z ₁₁
	Sapsız Meşe	PVAc-D ₄	1,084	EFGHIİJK	0,618	PRSTUVYZZ ₁ -Z ₃	0,352	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ -Z ₁₁
		MF	1,230	EFG	0,768	KLMNOPRSTU	0,568	PRSTUVYZZ ₁ -Z ₇
		VTKA	1,106	EFGHIİJ	0,584	PRSTUVYZZ ₁ -Z ₆	0,754	LMNOPRSTUV
		RF	0,734	MNOPRSTUVY	0,670	OPRSTUVYZ-Z ₂	0,456	TUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ -Z ₁₀

LSR: 0.004, X_{Ort.} Ortalama değer, H.G: Homojenlik grubu

Buna göre, genişlik artışı en yüksek dış ortamdaki VTKA tutkalı kontrol Doğu kayınında %2,406, en düşük UV'deki RF tutkalı vernikli Doğu kayınında %0,044 elde edilmiştir.

Kalınlık yönünden boyutsal değişim

Dış ortamda ve UV ortamında bekletilmiş deney örneklerinin kalınlık yönünde boyutsal değişim ortalamaları Çizelge 5.17'de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Kalınlık yönünde boyutsal değişim ortalama değerleri (%)

İşlem Türü	Ağaç Türü	Tutkal Çeşidi	Ortam			
			Dış Ortam		UV Lab. Ortamı	
			X _{Ort.}	Std. Sp.	X _{Ort.}	Std. Sp.
Kontrol	Sapsız meşe	PVAC-D4	9,604	0,633	1,038	0,148
		VTKA	4,600	0,490	0,448	0,321
		RF	2,156	0,115	0,726	0,165
		MF	2,886	0,521	0,178	0,043
	Doğu kayını	PVAC-D4	4,902	0,407	0,588	0,206
		VTKA	5,412	0,250	0,456	0,134
		RF	2,082	0,116	0,608	0,238
		MF	2,644	0,305	1,380	0,182
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	6,030	0,429	0,852	0,147
		VTKA	10,838	0,504	0,244	0,188
		RF	1,044	0,168	1,298	0,377
		MF	2,210	0,591	0,484	0,233
	Sarıçam	PVAC-D4	3,262	0,263	1,328	0,240
		VTKA	2,650	0,437	0,714	0,188
		RF	6,046	0,370	1,610	0,252
		MF	3,462	0,711	0,288	0,170
Emprenye	Sapsız meşe	PVAC-D4	0,722	0,101	1,478	0,278
		VTKA	0,596	0,061	0,806	0,311
		RF	0,396	0,128	0,250	0,175
		MF	0,958	0,113	0,496	0,138
	Doğu kayını	PVAC-D4	0,816	0,152	1,564	0,402
		VTKA	0,280	0,046	1,008	0,085
		RF	0,248	0,029	0,496	0,410
		MF	0,590	0,119	0,312	0,247
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	0,952	0,041	0,504	0,183
		VTKA	0,606	0,098	0,386	0,289
		RF	0,228	0,066	0,560	0,192
		MF	0,556	0,032	0,286	0,135
	Sarıçam	PVAC-D4	0,420	0,108	0,542	0,222
		VTKA	0,808	0,059	0,614	0,242
		RF	0,460	0,142	0,300	0,080
		MF	0,386	0,158	0,178	0,127
ernik	Sapsız meşe	PVAC-D4	3,160	0,515	0,556	0,324
		VTKA	0,472	0,134	0,858	0,206
		RF	0,224	0,120	0,324	0,254
		MF	0,270	0,061	0,640	0,267
	Doğu kayını	PVAC-D4	3,320	1,543	1,104	0,165
		VTKA	2,122	0,323	0,284	0,181
		RF	0,764	0,062	0,234	0,185
		MF	0,982	0,108	0,438	0,188
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	0,996	0,088	0,864	0,255
		VTKA	0,318	0,229	0,570	0,226
		RF	0,084	0,043	0,180	0,101
		MF	0,200	0,184	0,176	0,075
	Sarıçam	PVAC-D4	3,602	0,197	0,238	0,228
		VTKA	0,498	0,404	0,590	0,281
		RF	0,240	0,121	0,384	0,224
		MF	0,142	0,110	0,422	0,282

X_{Ort.} Ortalama değer, Std.sp: Standart sapma

Buna göre, kalınlık yönünde en yüksek boyutsal değişim kontrol örneklerinden dış ortamdaki VTKA tutkallı Anadolu kestanesinde %10,838 ve UV ortamdaki RF tutkallı Sarıçamda %1,822, emprenyeli örneklerden dış ortamdaki MF tutkallı Doğu kayınında %0,958, UV ortamdaki PVAc-D₄ tutkallı Doğu kayınında %1,564,

vernikli örneklerden dış ortamdaki PVAc-D₄ tutkallı Sarıçamda %3,602, UV ortamdaki PVAc-D₄ tutkallı Doğu kayınında %1,104, en düşük; kontrol örneklerinden dış ortamdaki RF tutkallı Anadolu kestanesinde %1,044 ve UV ortamdaki MF tutkallı meşede %0,178, emprenyeli örneklerden dış ortamdaki RF tutkallı Anadolu kestanesinde %0,228, UV ortamdaki MF tutkallı Sarıçamda %0,178, vernikli örneklerden dış ortamdaki RF tutkallı Anadolu kestanesinde %0,084 ve UV ortamdaki MF tutkallı Anadolu kestanesinde %0,176 elde edilmiştir.

Kontrol, vernik ve su itici emprenye maddeleri ile emprenye edilen sarıçam, doğu kayını, sapsız meşe, Anadolu kestanesin örneklerinin açık havada ve laboratuvar ortamında yaşlandırmada bekletme sonucu oluşan kalınlık yönünden boyutsal değişim tesbit ölçümü yapılmıştır. Bu örneklerle ait elde edilen kalınlık yönünden boyutsal değişim varyans analizi sonuçları Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Ağaç türü, işlem, tutkal ve ortam çeşidinin kalınlık yönünde boyutsal değişime etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem düzeyi % 5
Ortam	229,371	1	229,371	2521,090	0,000
İşlem	378,742	2	189,371	2081,440	0,000
Ağaç	2,750	3	0,917	10,075	0,000
Tutkal	112,496	3	37,499	412,159	0,000
Ortam * İşlem	303,100	2	151,550	1665,737	0,000
Ortam * Ağaç	1,669	3	0,556	6,116	0,000
İşlem * Ağaç	18,957	6	3,160	34,727	0,000
Ortam * İşlem * Ağaç	26,949	6	4,492	49,368	0,000
Ortam * Tutkal	57,930	3	19,310	212,242	0,000
İşlem * Tutkal	36,076	6	6,013	66,087	0,000
Ortam * İşlem * Tutkal	78,633	6	13,106	144,048	0,000
Ağaç * Tutkal	64,831	9	7,203	79,175	0,000
Ortam * Ağaç * Tutkal	59,714	9	6,635	72,927	0,000
İşlem * Ağaç * Tutkal	119,837	18	6,658	73,176	0,000
Ortam * İşlem * Ağaç * Tutkal	133,521	18	7,418	81,532	0,000
Hata	34,937	384	0,091		
Toplam	2488,042	480			

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre, ortam, tutkal çeşidi, ağaçtürü, işlem çeşidi ve bunların kendi içersindeki etkileşimleri kalınlık yönünde boyutsal değişimleri üzerinde önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları aşağıda Çizelge 5.19-28’de verilmiştir.

Ortam çeşidi, işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde farklılık oluşturan gurubu veya grupları (alt değişkenleri) tespit etmek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.19’da verilmiştir.

Çizelge 5.19. Ağaç türü, ortam, işlem ve tutkal çeşidi değişkenlerinin kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Faktör		$X_{Ort.}$	HG.
Ortam	Dış ortam	2,005	A
	UV	0,623	B
LSR: 1.382			
İşlem çeşidi	Kontrol	2,565	A
	Emprenye	0,588	C
	Vernik	0,789	B
LSR: 0.201			
Ağaç türü	Sarıçam	1,216	B
	Doğu Kayını	1,360	A
	Anadolu kestanesi	1,269	B
	Sapsız Meşe	1,410	A
LSR: 0,144			
Tutkal çeşidi	PVAC-D4	2,018	A
	MF	0,857	C
	VTKA	1,507	B
	RF	0,873	C
LSR: 0.511			

$X_{Ort.}$ Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre, kalınlık yönünde boyutsal değişim ortam çeşidi bakımından en yüksek dış ortamda %2,005, işlem çeşidi bakımından kontrol örneklerde %2,565, ağaç türü bakımından Sapsız meşede %1,410 ve tutkal çeşidi bakımından PVAc-D₄ tutkallılarda %2,018, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı %31elde edilmiştir. En düşük; ortam çeşidi bakımından UV ortamda %0,623, işlem çeşidi bakımından emprenyelilerde %0,588, ağaç türü bakımından Sarıçamda % 1,216 ve tutkal çeşidi bakımından MF tutkallılarda %0,857 elde edilmiştir.

Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.20’de verilmiştir.

Çizelge 5.20. Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ağaç \ Tutkal	PVAC-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Sarıçam	1,565	BCDE	0,813	DE	0,979	DE	1,507	BCDE
Doğu Kayın	2,049	ABC	1,058	CDE	1,594	BCDE	0,739	DE
Anadolu kestanesi	1,700	BCD	0,652	DE	2,160	AB	0,566	E
Sapsız Meşe	2,760	A	0,905	DE	1,297	BCDE	0,679	DE

LSR: 0,086. X_{Ort}. Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre, kalınlık artışı en yüksek PVAC-D₄ tutkallı Sapsız meşede %2,760, en düşük RF tutkallı Anadolu kestanesinde %0,566 elde edilmiştir.

Ağaç türü- işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.21. Ağaç türü- işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

İşlem \ Ağaç	Sarıçam		Doğu Kayını		Anadolu kestanesi		Sapsız Meşe	
	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Kontrol	2,420	A	2,259	A	2,875	A	2,705	A
Emprenye	0,464	B	0,664	B	0,510	B	0,713	B
Vernik	0,765	B	1,156	B	0,424	B	0,813	B

LSR:1,835, X_{Ort}. Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre, kalınlık artışı en yüksek Sapsız meşede %2,705, en düşük vernikli Anadolu kestanesinde %0,424 elde edilmiştir.

İşlem ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.22’de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Tutkal ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

İşlem \ Tutkal	PVAC-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Kontrol	3,451	A	1,692	B	3,170	A	1,946	B
Emprenye	0,875	C	0,470	C	0,638	C	0,367	C
Vernik	1,730	B	0,409	C	0,714	C	0,304	C

LSR: 1,388, X_{Ort}. Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre, kalınlık artışı en yüksek PVAc-D4’de %3,451, en düşük RF tutkallı verniklide %0,304 elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.23’de verilmiştir.

Çizelge 5.23. Ortam çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ağaç Ortam	Sarıçam		Doğu Kayını		Anadolu kestanesi		Sapsız Meşe	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış	1,831	A	2,014	A	2,005	A	2,170	A
Üv	0,601	B	0,706	B	0,534	B	0,650	B

LSR:1,297, X_{Ort.} Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre, kalınlık artışı en yüksek dış ortamdaki Sapsız meşede %2,170, en düşük UV ortamdaki Anadolu kestanesinde %0,543, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; Sarıçamda %32, Doğu kayınında %35, Anadolu kestanesinde %27, Sapsız meşede %30 olarak elde edilmiştir.

Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.24’de verilmiştir.

Çizelge 5.24. Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Tutkal Ortam	PVAc-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış	3,149	A	1,274	C	2,433	B	1,164	CD
Üv	0,888	CDE	0,440	E	0,582	DE	0,581	DE

LSR: 0,11, X_{Ort.} Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre, kalınlık artışı en yüksek dış ortamdaki PVAc-D₄’da %3,149, en düşük MF’de %0,440, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; PVAc-D₄’da %28, MF’da %35, VTKA’da %24, RF’de %50 elde edilmiştir.

Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.25’de verilmiştir.

Çizelge 5.25. Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ortam \ İşlem	Kontrol		Emprenye		Vernik	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış	4,364	A	0,564	C	1,087	B
Uv	0,765	BC	0,611	C	0,491	C

LSR: 0,274, X_{Ort.} Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre, kalınlık artışı en yüksek dış ortamdaki kontrolde %4,364, en düşük UV ortamdaki verniklide %0,491, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; kontrolde %18, emprenyelide %108, verniklide %45 elde edilmiştir.

Ağaç türü-işlem ve tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.26’de verilmiştir.

Çizelge 5.26. Ağaç türü-işlem ve tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ağaç x Tutkal \ İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
		X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Sarıçam	PVAC-D4	2,295	CDEFG	0,481	IIJ	1,920	DEFGHIJ
	MF	1,875	DEFGHIJ	0,282	IJ	0,282	IJ
	VTKA	1,682	DEFGHIJ	0,711	GHIJ	0,544	IIJ
	RF	3,828	B	0,380	IIJ	0,312	IJ
Doğu Kayın	PVAC-D4	2,745	BCDE	1,190	EFGHIJ	2,212	CDEFGH
	MF	2,012	CDEFGHI	0,451	IIJ	0,710	GHIJ
	VTKA	2,934	BCD	0,644	HIJ	1,203	EFGHIJ
	RF	1,345	EFGHIJ	0,372	IIJ	0,499	IIJ
Anadolu kestanesi	PVAC-D4	3,441	BC	0,728	GHIJ	0,930	GHIJ
	MF	1,347	EFGHIJ	0,421	IIJ	0,188	J
	VTKA	5,541	A	0,496	IIJ	0,444	IIJ
	RF	1,171	EFGHIJ	0,394	IIJ	0,132	J
Sapsız Meşe	PVAC-D4	5,321	A	1,100	FghiJ	1,858	DEFGHIJ
	MF	1,532	DEFGHIJ	0,727	GHIJ	0,455	IIJ
	VTKA	2,524	BCDEF	0,701	GHIJ	0,665	HIJ
	RF	1,441	DEFGHIJ	0,323	IJ	0,274	IJ

LSR: 0,057, X_{Ort.} Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre kalınlık artışı en yüksek VTKA tutkalı Anadolu kestanesinde %5,541, en düşük RF tutkalı Anadolu kestanesinde verniklide %0,132 elde edilmiştir.

Ağaç türü- ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.27’de verilmiştir.

Çizelge 5.27. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları

Ortam x Ağaç		İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
				X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış ortam	Sarıçam			3,855	B	0,519	D	1,121	CD
	Doğu Kayını			3,760	B	0,484	D	1,797	C
	Anadolu kestanesi			5,031	A	0,586	D	0,400	D
	Sapsız Meşe			4,812	A	0,668	D	1,032	CD
UV	Sarıçam			0,985	CD	0,409	D	0,409	D
	Doğu Kayını			0,758	D	0,845	D	0,515	D
	Anadolu kestanesi			0,720	D	0,434	D	0,448	D
	Sapsız Meşe			0,598	D	0,758	D	0,595	D

LSR:0,587, X_{Ort}: Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre, kalınlık artışı en yüksek dış ortamdaki kontrol Anadolu kestanesinde %5,031, en düşük dış ortamdaki vernikli Anadolu kestanesinde %0,400 elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.28’de verilmiştir.

Çizelge 5.28. Ortam çeşidi-tutkal çeşidi-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

Ortam x Tutkal		İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
				X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış ortam	PVAc-D4			5,950	A	0,728	CD	2,770	B
	MF			2,801	B	0,623	CD	0,399	CD
	VTKA			5,875	A	0,573	CD	0,853	CD
	RF			2,832	B	0,333	CD	0,328	CD
UV	PVAc-D4			0,952	CD	1,022	CD	0,691	CD
	MF			0,583	CD	0,318	CD	0,419	CD
	VTKA			0,466	CD	0,704	CD	0,576	CD
	RF			1,061	C	0,402	CD	0,281	D

LSR: 0,037, X_{Ort}: Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre, kalınlık artışı en yüksek dış ortamdaki PVAc-D₄ kontrolde %5,950, en düşük vernikli RF tutkallıda %0,281 elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi-tutkal çeşidi dörtlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.29’da verilmiştir.

Çizelge 5.29. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem ve tutkal çeşidi dörtlü etkileşiminde elde edilen kalınlık yönünde boyutsal değişim oranına ait Duncan testi sonuçları (%)

İşlem			Kontrol		Emprenye		Vernik	
Ort x Ağaç x Tut			X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış ortam	Sarıçam	PVAC-D4	3,262	FGH	0,420	STUVYZZ ₁ Z ₂	3,602	F
		MF	3,462	FG	0,386	STUVYZZ ₁ Z ₂	0,142	Z ₁ Z ₂
		VTKA	2,650	I	0,808	NOPRS	0,498	RSTUVYZZ ₁ Z ₂
		RF	6,046	C	0,460	STUVYZZ ₁ Z ₂	0,240	UVYZZ ₁ Z ₂
	Doğu Kayını	PVAC-D4	4,902	E	0,816	NOPRS	3,320	FG
		MF	2,644	I	0,590	OPRSTUVYZZ ₁	0,982	LMNOP
		VTKA	5,412	D	0,280	TUVYZZ ₁ Z ₂	2,122	İ
		RF	2,082	İ	0,248	UVYZZ ₁ Z ₂	0,764	NOPRST
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	6,030	C	0,952	LMNOPR	0,996	LMNOP
		MF	2,210	İ	0,556	PRSTUVYZZ ₁ Z ₂	0,200	ZZ ₁ Z ₂
		VTKA	10,838	A	0,606	OPRSTUVYZZ ₁	0,318	TUVYZZ ₁ Z ₂
		RF	1,044	LMNO	0,228	YZZ ₁ Z ₂	0,084	Z ₂
	Sapsız Meşe	PVAC-D4	9,604	B	0,722	NOPRSTUV	3,160	GH
		MF	2,886	HI	0,958	LMNOPR	0,270	UVYZZ ₁ Z ₂
		VTKA	4,600	E	0,596	OPRSTUVYZZ ₁	0,472	STUVYZZ ₁ Z ₂
		RF	2,156	İ	0,396	STUVYZZ ₁ Z ₂	0,224	ZZ ₁ Z ₂
UV	Sarıçam	PVAC-D4	1,328	JKL	0,542	PRSTUVYZZ ₁ Z ₂	0,238	VYZZ ₁ Z ₂
		MF	0,288	TUVYZZ ₁ Z ₂	0,178	ZZ ₁ Z ₂	0,422	STUVYZZ ₁ Z ₂
		VTKA	0,714	NOPRSTUVY	0,614	OPRSTUVYZZ ₁	0,590	OPRSTUVYZZ ₁
		RF	1,610	J	0,300	TUVYZZ ₁ Z ₂	0,384	STUVYZZ ₁ Z ₂
	Doğu Kayını	PVAC-D4	0,588	OPRSTUVYZZ ₁	1,564	J	1,104	KLMN
		MF	1,380	JKL	0,312	TUVYZZ ₁ Z ₂	0,438	STUVYZZ ₁ Z ₂
		VTKA	0,456	STUVYZZ ₁ Z ₂	1,008	LMNOP	0,284	TUVYZZ ₁ Z ₂
		RF	0,608	OPRSTUVYZZ ₁	0,496	RSTUVYZZ ₁ Z ₂	0,234	YZZ ₁ Z ₂
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	0,852	MNOPRS	0,504	RSTUVYZZ ₁ Z ₂	0,864	MNOPRS
		MF	0,484	RSTUVYZZ ₁ Z ₂	0,286	TUVYZZ ₁ Z ₂	0,176	ZZ ₁ Z ₂
		VTKA	0,244	UVYZZ ₁ Z ₂	0,386	STUVYZZ ₁ Z ₂	0,570	OPRSTUVYZZ ₁ Z ₂
		RF	1,298	JKLM	0,560	PRSTUVYZZ ₁ Z ₂	0,180	ZZ ₁ Z ₂
	Sapsız Meşe	PVAC-D4	1,038	LMNO	1,478	JK	0,556	PRSTUVYZZ ₁ Z ₂
		MF	0,178	ZZ ₁ Z ₂	0,496	RSTUVYZZ ₁ Z ₂	0,640	NOPRSTUVYZ
		VTKA	0,448	STUVYZZ ₁ Z ₂	0,806	NOPRS	0,858	MNOPRS
		RF	0,726	NOPRSTU	0,250	UVYZZ ₁ Z ₂	0,324	TUVYZZ ₁ Z ₂

LSR:0,002, X_{Ort.} Ortalama değer, H.G :Homojenlik grubu

Buna göre, genişlik artışı en yüksek dış ortamdaki VTKA tutkalı kontrol Anadolu kestanesinde %10,838, en düşük dış ortamdaki RF tutkalı vernikli Anadolu kestanesinde %0,084 elde edilmiştir.

5.1.4. Şekil bozuklukları (çarpılma/burulma)

Kontrol, vernik ve su itici emprenye maddeleri ile emprenye edilen sarıçam, doğu kayını, sapsız meşe, Anadolu kestanesi örneklerinin dış ortam ve laboratuvar UV

ortamında yaşlandırma (bekletme) sonucu oluşan çarpılma ölçümü yapılmıştır. Yaşlandırma sonucunda deney örneklerinin çarpılma değerleri Çizelge 5.30'da verilmiştir.

Çizelge 5.30. Yaşlandırma sonucunda deney örneklerinin ortalama çarpılma değerleri (mm)

İşlem Türü	Ağaç Türü	Tutkal Çeşidi	Ortam çeşidi			
			Dış Ortam		UV Lab. Ortamı	
			X _{ort} (%)	St. Sp.	X _{ort} (%)	St. Sp.
Kontrol	Meşe	PVAC-D4	2,782	0,107	4,172	0,301
		VTKA	1,500	0,247	2,090	0,203
		RF	2,578	0,377	2,030	0,357
		MF	2,148	0,138	1,872	0,201
	Kayın	PVAC-D4	3,990	0,234	3,272	0,377
		VTKA	6,782	0,520	2,402	0,344
		RF	2,270	0,445	2,570	0,154
		MF	2,860	0,233	3,548	0,201
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	7,660	0,190	2,360	0,223
		VTKA	2,990	0,456	4,490	0,364
		RF	5,042	0,274	3,550	0,412
		MF	7,548	0,745	2,850	0,075
	Sarıçam	PVAC-D4	3,762	0,126	1,072	0,136
		VTKA	3,298	0,723	1,770	0,210
		RF	3,612	0,820	1,340	0,184
		MF	2,668	0,217	2,162	0,134
Emprenye	Meşe	PVAC-D4	2,528	0,439	0,998	0,163
		VTKA	0,960	0,216	1,722	0,328
		RF	1,688	0,543	1,110	0,182
		MF	0,552	0,067	1,534	0,295
	Kayın	PVAC-D4	2,098	0,227	1,058	0,111
		VTKA	2,616	0,501	1,412	0,163
		RF	1,022	0,266	0,822	0,106
		MF	1,920	0,112	3,148	0,424
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	2,528	1,641	1,558	0,187
		VTKA	0,522	0,120	0,420	0,110
		RF	1,712	0,936	0,788	0,358
		MF	1,228	0,733	0,688	0,280
	Sarıçam	PVAC-D4	1,608	0,430	0,980	0,177
		VTKA	1,550	0,683	1,550	0,079
		RF	1,282	0,474	0,682	0,139
		MF	1,762	0,730	0,572	0,164
Vemik	Meşe	PVAC-D4	1,328	0,241	1,532	0,305
		VTKA	1,392	0,313	1,280	0,212
		RF	0,656	0,131	0,820	0,299
		MF	1,062	0,131	1,262	0,144
	Kayın	PVAC-D4	1,982	0,374	1,898	0,275
		VTKA	1,248	0,229	2,228	0,156
		RF	1,898	0,361	0,540	0,172
		MF	1,338	0,363	3,204	0,730
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	1,558	0,403	0,860	0,114
		VTKA	1,438	0,322	1,542	0,339
		RF	0,666	0,234	1,588	0,341
		MF	2,588	0,544	1,172	0,011
	Sarıçam	PVAC-D4	1,042	0,135	1,008	0,046
		VTKA	1,230	0,314	1,072	0,149
		RF	0,942	0,163	1,092	0,053
		MF	2,178	0,247	0,958	0,304

X_{ort} : Ortalama değer, Std.sp.: Standart sapma

Buna göre, çarpılma en yüksek; dış ortamdaki PVAc-D₄ tutkallı kontrol Anadolu kestanesinde 7,660 mm ve UV ortamındaki VTKA tutkallı Anadolu kestanesinde 4,490 mm, dış ortamdaki emprenyeli VTKA tutkallı Doğu kayınında 2,616 mm, UV ortamdaki MF tutkallı Doğu kayınında 3,148 mm, verniklide dış ortamdaki MF tutkallı Anadolu kestanesinde 2,588 mm, UV ortamdaki MF tutkallı Doğu kayınında 3,204 mm, en düşük ; dış ortamdaki VTKA tutkallı kontrol meşede 1,500 mm, UV ortamdaki RF tutkallı Sarıçamda 1,340 mm, emprenyeli örneklerde dış ortamdaki VTKA tutkallı Anadolu kestanesinde 0,522 mm, UV ortamdaki MF tutkallı Sarıçamda 0,572 mm, vernikli örneklerde dış ortamdaki RF tutkallı meşede 0,656 mm, UV ortamdaki RF tutkallı Doğu kayınında 0,540 mm elde edilmiştir.

Kontrol, vernik ve su itici emprenye maddeleri ile emprenye edilen sarıçam, Doğu kayını, sapsız meşe, Anadolu kestanesinden lamine deney örneklerinin açık hava ve UV ortamda bekletme sonucu oluşan genişlik ölçümü yapılmış ve ağaç türü, işlem, tutkal ve ortam çeşidinin çarpılma miktarına etkilerine ilişkin çarpılma değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.31’de verilmiştir.

Çizelge 5.31. Ağaç türü, işlem çeşidi, tutkal çeşidi ve ortam çeşidinin çarpılma miktarına etkilerine ilişkin çarpılma değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem düzeyi % 5
Ortam	37,868	1	37,868	258,614	0,000
İşlem	355,632	2	177,816	1214,379	0,000
Ağaç	62,827	3	20,942	143,025	0,000
Tutkal	20,672	3	6,891	47,059	0,000
Ortam * İşlem	30,966	2	15,483	105,741	0,000
Ortam * Ağaç	28,019	3	9,340	63,785	0,000
İşlem * Ağaç	79,870	6	13,312	90,911	0,000
Ortam * İşlem * Ağaç	19,282	6	3,214	21,948	0,000
Ortam * Tutkal	8,842	3	2,947	20,129	0,000
İşlem * Tutkal	6,630	6	1,105	7,546	0,000
Ortam * İşlem * Tutkal	4,677	6	0,779	5,323	0,000
Ağaç * Tutkal	37,701	9	4,189	28,609	0,000
Ortam * Ağaç * Tutkal	67,831	9	7,537	51,471	0,000
İşlem * Ağaç * Tutkal	35,531	18	1,974	13,481	0,000
Ortam * İşlem * Ağaç * Tutkal	93,558	18	5,198	35,497	0,000
Hata	56,227	384	0,146		
Toplam	2871,336	480			

Buna göre, ortam, tutkal, işlem çeşidi, ağaç türü ve bunların kendi içersindeki etkileşimleri çarpılma miktarı üzerinde önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları aşağıda Çizelge 5.32-42’de verilmektedir.

Ortam çeşidi, işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde farklılık oluşturan gurubu veya grupları (alt değişkenleri) tespit etmek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.32’de verilmiştir.

Çizelge 5.32. Ortam ve işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

Faktör		$X_{Ort.}$	HG.
Ortam	Dış ortam	2,284	A
	UV	1,722	B
LSR: 0,562			
İşlem çeşidi	Kontrol	3,220	A
	Emprenye	1,394	B
	Vernik	1,394	B
LSR: 1,826			
Ağaç türü	Sarıçam	1,633	B
	Doğu Kayını	2,339	A
	Anadolu kestanesi	2,389	A
	Sapsız Meşe	1,650	B
LSR: 0,706			
Tutkal çeşidi	PVAC-D4	2,235	A
	MF	2,118	B
	VTKA	1,979	C
	RF	1,679	D
LSR: 0,117			

$X_{Ort.}$: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı ortam çeşidi bakımından en yüksek dış ortamda 2,284 mm, işlem çeşidi bakımından kontrolde 3,220 mm, ağaç türü bakımından Anadolu kestanesinde 2,389 mm, tutkal çeşidi bakımından PVAc-D₄’de 2,235 mm, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı %75 elde edilmiştir. En düşük çarpılma miktarı; ortam çeşidi bakımından UV ortamda 1,722 mm, işlem çeşidi bakımından emprenyeli ve verniklilerde 1,394 mm, ağaç türü bakımından meşede 1,650 mm ve tutkal çeşidi bakımından RF tutkallılarda 1,679 mm elde edilmiştir.

Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarı değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.33’de verilmiştir.

Çizelge 5.33. Ağaç türü -ortam çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

Ağaç Ortam	Sarıçam		Doğu Kayını		Anadolu kestanesi		Sapsız Meşe	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış	2,078	BCD	2,502	AB	2,957	A	1,598	DE
Uv	1,188	E	2,175	BC	1,822	CD	1,702	CD

LSR: 0,097, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı en yüksek dış ortamdaki Anadolu kestanesinde 2,957 mm, en düşük UV ortamdaki sarıçamda 1,188 mm, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; Sarıçamda %57, Doğu kayınında %87, Anadolu kestanesinde %62, Sapsız meşede %127 elde edilmiştir.

Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarı değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.34'de verilmiştir.

Çizelge 5.34. Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

İşlem Ortam	Kontrol		Emprenye		Vernik	
	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış	3,843	A	1,599	C	1,409	CD
Uv	2,597	B	1,190	D	1,379	CD

LSR: 0,189, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı en yüksek dış ortamdaki kontrolde 3,843 mm, en düşük, UV ortamdaki emprenyelide 1,190 mm, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; kontrollerde %68, emprenyelilerde %74, verniklilerde %98 elde edilmiştir.

Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarı değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.35'de verilmiştir.

Çizelge 5.35. Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

Tutkal Ortam	PVAC-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış	2,739	A	2,321	AB	2,127	BC	1,947	BCD
Üv	1,731	CD	1,914	BCD	1,832	BCD	1,411	D

LSR: 0,101, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı en yüksek dış ortamdaki PVAc-D₄ tutkallıda 2,739 mm, en düşük UV ortamdaki RF tutkallıda 1,411 mm, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; PVAc-D₄ tutkallılarda %63, MF tutkallılarda %82, VTKA tutkallılarda %86, RF tutkallılarda %72 olarak elde edilmiştir.

Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarı değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.36’da verilmiştir.

Çizelge 5.36. Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

Tutkal Ağaç	PVAC-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Sarıçam	1,579	CD	1,717	BCD	1,745	BCD	1,492	CD
Doğu Kayın	2,383	AB	2,670	A	2,781	A	1,520	CD
Anadolu kestanesi	2,754	A	2,679	A	1,900	BCD	2,224	ABC
Sapsız Meşe	2,223	ABC	1,405	D	1,491	CD	1,480	CD

LSR: 0,075, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı en yüksek VTKA tutkalı Doğu kayınında 2,781 mm, en düşük MF tutkalı meşede 1,405 mm elde edilmiştir.

Ağaç türü-işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarı değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.37’de verilmiştir.

Çizelge 5.37. Ağaç türü-işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

İşlem \ Ağaç	Sarıçam		Doğu Kayını		Anadolu kestanesi		Sapsız Meşe	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Kontrol	2,461	C	3,462	B	4,561	A	2,397	C
Emprenye	1,248	E	1,762	D	1,181	E	1,387	DE
Vernik	1,190	E	1,792	D	1,427	DE	1,167	E

LSR: 0,22, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı en yüksek Anadolu kestanesinde 4,561 mm, en düşük vernikli meşede 1,167 mm elde edilmiştir.

Tutkal ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarı değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.38’de verilmiştir.

Çizelge 5.38. Tutkal ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

İşlem \ Tutkal	Kontrol		Emprenye		Vernik	
	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
PVAC-D4	3,634	A	1,670	CD	1,401	CDE
MF	3,207	AB	1,426	CDE	1,720	C
Polimarın	3,165	AB	1,344	CDE	1,429	CDE
RF	2,874	B	1,138	DE	1,025	E

LSR: 0,05, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı en yüksek PVAC-D₄ tutkallı kontrolde 3,634 mm, en düşük RF tutkallı verniklide 1,025 mm elde edilmiştir.

Ağaç türü-tutkal ve işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarı değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.39’da verilmiştir.

Çizelge 5.39. Ağaç türü-tutkal ve işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

Ağaç x Tutkal		İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
				X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Sarıçam	PVAC-D4			2,417	EFGH	1,294	İJKLMN	1,025	JKLMN
	MF			2,415	EFGH	1,167	İJKLMN	1,568	FGHIİJKLM
	VTKA			2,534	EF	1,550	GHIİJKLM	1,151	İJKLMN
	RF			2,476	EFG	0,982	KL MN	1,017	JKLMN
Doğu Kayını	PVAC-D4			3,631	CD	1,578	FGHIİJKLM	1,940	FGHIİJK
	MF			3,204	DE	2,534	EF	2,271	FGHI
	VTKA			4,592	AB	2,014	FGHIİJ	1,738	FGHIİJKL
	RF			2,420	EFGH	0,922	LMN	1,219	İJKLMN
Anadolu kestanesi	PVAC-D4			5,010	AB	2,043	FGHIİ	1,209	İJKLMN
	MF			5,199	A	0,958	KL MN	1,880	FGHIİJKL
	VTKA			3,740	CD	0,471	N	1,490	HIİJKLM
	RF			4,296	BC	1,250	İJKLMN	1,127	İJKLMN
Sapsız Meşe	PVAC-D4			3,477	CD	1,763	FGHIİJKL	1,430	İİJKLMN
	MF			2,010	FGHIİJ	1,043	JKLMN	1,162	İJKLMN
	VTKA			1,795	FGHIİJKL	1,341	İİJKLMN	1,336	İİJKLMN
	RF			2,304	EFGHI	1,399	İİJKLMN	0,738	MN

LSR: 0,018, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı en yüksek MF tutkalı kontrol Anadolu kestanesinde 5,199 mm, en düşük emprenyeli VTKA tutkalı Anadolu kestanesinde 0,471 mm elde edilmiştir.

Ağaç türü-ortam çeşidi-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarı değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.40'da verilmiştir.

Çizelge 5.40. Ağaç türü-ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

Ortam x Ağaç		İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
				X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış ortam	Sarıçam			3,335	C	1,551	GHIİ	1,348	GHIİJ
	Doğu Kayını			3,976	B	1,914	FGH	1,617	GHI
	Anadolu kestanesi			5,810	A	1,498	GHIİ	1,563	GHIİ
	Sapsız Meşe			2,252	EF	1,432	GHIİJ	1,110	İİJ
UV	Sarıçam			1,586	GHI	0,946	İJ	1,033	İİJ
	Doğu Kayını			2,948	CD	1,610	GHI	1,968	FG
	Anadolu kestanesi			3,313	C	0,864	J	1,291	HIİJ
	Sapsız Meşe			2,541	DE	1,341	GHIİJ	1,224	İİJ

LSR: 0,05, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı en yüksek dış ortamdaki Anadolu kestanesinde 5,810 mm, en düşük UV ortamdaki emprenyeli Anadolu kestanesinde 0,864 mm elde edilmiştir.

Tutkal çeşidi-ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarı değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.41’de verilmiştir.

Çizelge 5.41. Tutkal çeşidi-ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

Ortam x Tutkal		İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
				X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış ortam	PVAC-D4			4,549	A	2,191	CDE	1,478	EFGH
	MF			3,806	B	1,366	FGH	1,792	DEF
	VTKA			3,643	B	1,412	FGH	1,327	FGH
	RF			3,376	B	1,426	FGH	1,041	FGH
UV	PVAC-D4			2,719	C	1,149	FGH	1,325	FGH
	MF			2,608	C	1,486	EFGH	1,649	EFG
	VTKA			2,688	C	1,276	FGH	1,531	EFGH
	RF			2,373	CD	0,851	H	1,010	GH

LSR: 0,031, X_{Ort}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı en yüksek dış ortamdaki PVAc-D₄ tutkallı kontrolde 4,549 mm, en düşük UV ortamdaki emprenyeli RF tutkallıda 0,851 mm elde edilmiştir.

Ağaç türü- tutkal çeşidi-ortam ve işlem çeşidi dördü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarı değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.42’de verilmiştir.

Çizelge 5.42. Tutkal çeşidi-ağaç türü-ortam ve işlem çeşidi dörtlü etkileşiminde elde edilen çarpılma miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

İşlem Ort x Ağaç x Tut			Kontrol		Emprenye		Vernik	
			X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış ortam	Sarçam	PVAc-D ₄	3,762	EFG	1,608	TUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇	1,042	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ -Z ₁₇
		MF	2,668	İJKLMN	1,762	STUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄	2,178	NOPRST
		VTKA	3,298	GHI	1,550	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ -Z ₁₀	1,230	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₆
		RF	3,612	FGH	1,282	Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ -Z ₁₄	0,942	Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ -Z ₁₈
	Doğu Kayın	PVAc-D ₄	3,990	DEF	2,098	NOPRSTUV	1,982	PRSTUVYZZ ₁
		MF	2,860	İİJKL	1,920	RSTUVYZZ ₁ Z ₂	1,338	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₃
		VTKA	6,782	B	2,616	JKLMN	1,248	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₆
		RF	2,270	MNOPRS	1,022	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ -Z ₁₇	1,898	RSTUVYZZ ₁ Z ₂
	Anadolu kestanesi	PVAc-D ₄	7,660	A	2,528	KLMNOP	1,558	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ -Z ₉
		MF	7,548	A	1,228	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ -Z ₁₆	2,588	KLMNO
		VTKA	2,990	İİJK	0,522	Z ₁₇ Z ₁₈	1,438	ZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ -Z ₁₁
		RF	5,042	C	1,712	STUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅	0,666	Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈
	Sapsız Meşe	PVAc-D ₄	2,782	İİJKLM	2,528	KLMNOP	1,328	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₃
		MF	2,148	NOPRSTU	0,552	Z ₁₇ Z ₁₈	1,062	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ -Z ₁₇
		VTKA	1,500	YZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ -Z ₁₀	0,960	Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ -Z ₁₈	1,392	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ -Z ₁₃
		RF	2,578	KLMNO	1,688	STUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆	0,656	Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈
UV	Sarçam	PVAc-D ₄	1,072	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ -Z ₁₇	0,980	Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ -Z ₁₈	1,008	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ -Z ₁₇ Z ₁₈
		MF	2,162	NOPRSTU	0,572	Z ₁₇ Z ₁₈	0,958	Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ -Z ₁₈
		VTKA	1,770	STUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄	1,550	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ -Z ₁₀	1,072	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ -Z ₁₇
		RF	1,340	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ -Z ₁₃	0,682	Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈	1,092	Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ -Z ₁₇
	Doğu Kayın	PVAc-D ₄	3,272	GHI	1,058	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ -Z ₁₇	1,898	RSTUVYZZ ₁ Z ₂
		MF	3,548	FGH	3,148	HIİJ	3,204	HIİ
		VTKA	2,402	LMNOPR	1,412	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₂	2,228	MNOPRS
		RF	2,570	KLMNO	0,822	Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈	0,540	Z ₁₇ Z ₁₈
	Anadolu kestanesi	PVAc-D ₄	2,360	LMNOPR	1,558	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉	0,860	Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ -Z ₁₈
		MF	2,850	İİJKL	0,688	Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈	1,172	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₆
		VTKA	4,490	D	0,420	Z ₁₈	1,542	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ -Z ₁₀
		RF	3,550	FGH	0,788	Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈	1,588	UVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ -Z ₈
	Sapsız Meşe	PVAc-D ₄	4,172	DE	0,998	Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ -Z ₁₈	1,532	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ -Z ₁₀
		MF	1,872	RSTUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃	1,534	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ -Z ₁₀	1,262	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₅
		VTKA	2,090	NOPRSTUVY	1,722	STUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄	1,280	Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₄
		RF	2,030	OPRSTUVYZ	1,110	Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ -Z ₁₇	0,820	Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈

LSR: 0,01, X_{Ort}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre, çarpılma miktarı en yüksek dış ortamdaki PVAc-D₄ tutkalı Anadolu kestanesinde 7,660 mm, en düşük UV ortamdaki VTKA tutkalı emprenyeli Anadolu kestanesinde 0,420 mm elde edilmiştir.

5.2. Mekanik Özelliklere İlişkin Bulgular

5.2.1. Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı)

Dış ortamda ve UV ortamında yaşlandırmaya maruz bırakılan deney örneklerinin katman yüzeyine paralel çekme ortalama direnci Çizelge 5.43’de verilmiştir.

Çizelge 5.43. Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı)
ortalama değerler (N/mm²)

İşlem Türü	Ağaç Türü	Tutkal Çeşidi	Ortam çeşidi			
			Dış Ortam		UV Lab. Ortamı	
			X _{Ort}	Std. Sp.	X _{Ort}	Std. Sp.
Kontrol	Meşe	PVAC-D4	5,940	0,516	7,114	0,748
		VTKA	5,676	0,271	6,370	0,870
		RF	7,446	0,396	6,800	1,338
		MF	7,966	0,115	8,196	0,547
	Kayın	PVAC-D4	5,018	0,442	8,948	0,798
		VTKA	5,466	0,898	6,676	0,393
		RF	10,480	0,420	8,542	1,454
		MF	10,718	0,642	11,476	1,164
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	3,910	0,363	6,242	0,592
		VTKA	6,546	0,411	4,816	0,368
		RF	8,438	0,651	5,136	0,893
		MF	3,726	0,443	6,664	0,769
	Sançam	PVAC-D4	4,168	0,668	4,734	0,738
		VTKA	4,370	0,949	5,000	0,641
		RF	5,458	0,234	6,212	0,887
		MF	2,708	0,390	6,342	0,564
Enprenye	Meşe	PVAC-D4	8,026	0,422	7,752	0,518
		VTKA	5,682	0,095	7,634	0,793
		RF	9,690	0,329	8,478	0,483
		MF	11,478	1,190	9,066	0,690
	Kayın	PVAC-D4	10,910	0,618	9,790	0,913
		VTKA	7,926	0,420	9,908	0,576
		RF	12,976	0,362	13,102	0,355
		MF	12,828	1,184	12,466	0,932
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	5,294	0,898	6,390	0,718
		VTKA	6,412	0,833	5,352	0,436
		RF	9,702	0,959	6,566	0,276
		MF	6,332	0,297	7,546	0,226
	Sançam	PVAC-D4	7,326	0,897	5,764	0,775
		VTKA	5,174	0,367	4,980	0,664
		RF	6,164	0,743	6,626	0,811
		MF	5,138	0,640	7,048	0,647
Vernik	Meşe	PVAC-D4	8,614	1,001	11,886	0,623
		VTKA	6,400	0,364	8,624	0,587
		RF	14,788	0,394	10,056	0,449
		MF	12,116	0,839	12,848	0,542
	Kayın	PVAC-D4	12,124	0,655	11,054	0,942
		VTKA	8,072	0,494	9,878	0,696
		RF	14,834	0,592	17,140	0,548
		MF	13,514	0,607	13,348	0,583
	Anadolu kestanesi	PVAC-D4	6,774	0,864	7,134	0,388
		VTKA	6,006	0,277	5,148	0,916
		RF	8,006	0,242	8,270	0,701
		MF	9,310	0,611	8,634	0,446
	Sançam	PVAC-D4	6,194	0,459	6,750	0,380
		VTKA	5,822	0,393	5,350	0,398
		RF	8,488	0,857	6,684	0,584
		MF	7,742	0,238	8,164	0,392

X_{Ort.}: Ortalama değer, Std.Sp.: Standart sapma

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek dış ortamdaki MF tutkallı Doğu kayınında $10,718 \text{ N/mm}^2$, UV ortamdaki MF tutkallı Doğu kayınında $11,476 \text{ N/mm}^2$, emprenyeli örneklerde dış ortamdaki RF tutkallı Doğu kayınında $12,976 \text{ N/mm}^2$, UV ortamdaki RF tutkallı Doğu kayınında $13,102 \text{ N/mm}^2$, vernikli örneklerde dış ortamdaki MF tutkallı Doğu kayınında $13,514 \text{ N/mm}^2$, UV ortamdaki RF tutkallı Doğu kayınında $17,140 \text{ N/mm}^2$, en düşük; dış ortamdaki MF tutkallı Sarıçamda $2,708 \text{ N/mm}^2$ ve UV ortamdaki PVAc-D₄ tutkallı sarıçamda $4,734 \text{ N/mm}^2$, emprenyeli örneklerde dış ortamdaki MF tutkallı Sarıçamda $5,138 \text{ N/mm}^2$, UV ortamdaki VTKA tutkallı Sarıçamda $4,980 \text{ N/mm}^2$, vernikli örneklerde dış ortamdaki VTKA tutkallı Sarıçamda $5,822 \text{ N/mm}^2$ ve UV ortamdaki VTKA tutkallı Anadolu kestanesinde $5,148 \text{ N/mm}^2$ elde edilmiştir.

Kontrol, vernik ve su itici emprenye maddeleri ile emprenye edilen Sarıçam, Doğu kayını, Sapsız meşe, Anadolu kestanesi örneklerinin açık havada ve UV ortamında bekletme sonucu oluşan laminasyon katmanı yapışma direnci tesbiti yapılmıştır. Bu örneklerle ait elde edilen laminasyon katmanı yapışma direnci varyans analizi sonuçları Çizelge 5.44’de verilmiştir.

Çizelge 5.44. Ağaç türü, tutkal çeşidi, ortam çeşidi ve işlem çeşidinin laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem düzeyi % 5
Ortam	6,084	1	6,084	13,705	0,000
İşlem	671,760	2	335,880	756,619	0,000
Ağaç	1691,349	3	563,783	1270,005	0,000
Tutkal	631,901	3	210,634	474,483	0,000
Ortam * İşlem	15,415	2	7,708	17,362	0,000
Ortam * Ağaç	12,095	3	4,032	9,082	0,000
İşlem * Ağaç	101,037	6	16,839	37,933	0,000
Ortam * İşlem * Ağaç	10,259	6	1,710	3,852	0,001
Ortam * Tutkal	68,274	3	22,758	51,266	0,000
İşlem * Tutkal	75,663	6	12,610	28,407	0,000
Ortam * İşlem * Tutkal	38,921	6	6,487	14,612	0,000
Ağaç * Tutkal	178,618	9	19,846	44,707	0,000
Ortam * Ağaç * Tutkal	104,338	9	11,593	26,115	0,000
İşlem * Ağaç * Tutkal	90,426	18	5,024	11,317	0,000
Ortam * İşlem * Ağaç * Tutkal	135,088	18	7,505	16,906	0,000
Hata	170,466	384	0,444		
Toplam	34609,795	480			

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre, ortam, tutkal çeşidi, ağaçtürü, işlem çeşidi ve bunların kendi içersindeki etkileşimleri laminasyon katmanı yapışma direnci tesbiti önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.45-55’de verilmektedir.

Ortam çeşidi, işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde farklılık oluşturan gurubu veya grupları (alt değişkenleri) tespit etmek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.45’de verilmiştir.

Çizelge 5.45. Ortam, işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Faktör		Ort.	HG.
Ortam	Dış ortam	7,873	B
	UV	8,098	A
LSR: 0,225			
İşlem çeşidi	Kontrol	6,478	C
	Emprenye	8,110	B
	Vernik	9,368	A
LSR: 1,258			
Ağaç türü	Sarıçam	5,934	D
	Doğu Kayını	10,716	A
	Anadolu keşanesi	6,598	C
	Sapsız Meşe	8,694	B
LSR: 0,664			
Tutkal çeşidi	PVAC-D4	7,411	C
	MF	8,974	B
	VTKA	6,387	D
	RF	9,170	A
LSR:0,196, X _{ort} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu.			

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek; ortam çeşidi bakımından UV ortamında 8,098 N/mm², işlem çeşidi bakımından verniklilerde 9,368 N/mm², ağaç türü bakımından Doğu kayınında 10,716 N/mm², tutkal çeşidi bakımından RF tutkallılarda 9,170 N/mm², UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı %97 elde edilmiştir. En düşük; ortam çeşidi bakımından dış ortamda 7,873 N/mm², işlem çeşidi bakımından kontrol örneklerde 6,478 N/mm², ağaç türü bakımından Sarıçamda 5,934 N/mm², tutkal çeşidi bakımından VTKA tutkallılarda 6,378 N/mm² elde edilmiştir.

Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.46’da verilmiştir.

Çizelge 5.46. Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları

Ağaç \ Tutkal	PVAC-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG
Sarıçam	5,823	GH	6,190	FG	5,116	H	6,605	FG
Doğu Kayın	9,641	B	12,392	A	7,988	CD	12,846	A
Anadolu kestanesi	5,957	GH	7,035	DEF	5,713	GH	7,686	CDE
Sapsız Meşe	8,222	C	10,278	B	6,731	EFG	9,543	B

LSR: 0.234, X_{ort} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu.

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek RF tutkallı Doğu kayınında 12,846 N/mm², en düşük VTKA tutkallı Sarıçamda 5,116N/mm² elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.47’de verilmiştir.

Çizelge 5.47. Ortam çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Ortam \ Ağaç	Sarıçam		Doğu Kayını		Anadolu kestanesi		Sapsız Meşe	
	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG
Dış	5,729	D	10,406	A	6,705	C	8,652	B
Üv	6,138	CD	11,027	A	6,492	CD	8,735	B

LSR: 0.409, X_{ort} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu.

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek UV ortamdaki Doğu kayınında 11,027 N/mm², en düşük dış ortamdaki Sarıçamda 5,729 N/mm², UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; Sarıçamda %93, Doğu kayınında %94, Anadolu kestanesinde %103, Sapsız meşede %99 elde edilmiştir.

İşlem çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde değerlerinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.48’de verilmiştir.

Çizelge 5.48. İşlem çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

İşlem \ Ağaç	Sarıçam		Doğu Kayını		Anadolu kestanesi		Sapsız Meşe	
	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG
Kontrol	4,874	G	8,416	C	5,685	F	6,939	D
Emprenye	6,028	EF	11,238	B	6,699	DE	8,476	C
Vernik	6,899	D	12,496	A	7,410	D	10,667	B

LSR: 0,2, X_{ort.} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu.

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek vernikli Doğu kayınında 12,496 N/mm², en düşük kontrol Sarıçamda 4,874 N/mm² elde edilmiştir.

İşlem çeşidi-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.49’da verilmiştir.

Çizelge 5.49. İşlem ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine(paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

İşlem \ Tutkal	Kontrol		Emprenye		Vernik	
	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG
PVAC-D4	5,759	D	7,657	C	8,816	B
MF	7,225	C	8,988	B	10,710	A
VTKA	5,615	D	6,634	CD	6,913	C
RF	7,314	C	9,163	B	11,033	A

LSR.: 0,279, X_{ort.} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu.

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek RF tutkallı verniklide 11,033 N/mm², en düşük VTKA tutkallı kontrol örneklerde 5,615 N/mm² elde edilmiştir.

Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.50’de verilmiştir.

Çizelge 5.50. Ortam çeşidi-işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Ortam \ İşlem	Kontrol		Emprenye		Vernik	
	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG
Dış	6,127	C	8,191	B	9,300	A
Uv	6,829	C	8,029	B	9,436	A

LSR: 1,271, X_{ort.} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu.

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek UV ortamındaki verniklilerde 9,436 N/mm², en düşük dış ortamdaki kontrol örneklerinde 6,127 N/mm², UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; kontrol örneklerde %90, emprenye örneklerde %102, vernikli örneklerde %99 olarak elde edilmiştir.

Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.51’de verilmiştir.

Çizelge 5.51. Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Ortam \ Tutkal	PVAC-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG
Dış	7,025	D	8,631	B	6,129	DE	7,025	D
Uv	7,797	C	9,317	A	6,645	DE	7,797	C

LSR: 0,686, X_{ort.} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek UV ortamdaki MF tutkallılarda 9,317 N/mm², en düşük dış ortamdaki VTKA tutkallılarda 6,129 N/mm², UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; PVAc-D₄ tutkallılarda %90, MF tutkallılarda %93, VTKA tutkallılarda %92, RF tutkallılarda %90 olarak elde edilmiştir.

İşlem çeşidi-ağaç türü- ortam çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.52’de verilmiştir.

Çizelge 5.52. İşlem çeşidi-ağaç türü-ortam çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

İşlem Ortam x Ağaç		Kontrol		Emprenye		Vernik	
		X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG
Dış ortam	Sarıçam	4,176	L	5,951	İJK	7,062	FGHIİ
	Doğu Kayını	7,921	DEFG	11,160	BC	12,136	AB
	Anadolu kestanesi	5,655	JK	6,935	GHIİJ	7,524	EFGH
	Sapsız Meşe	6,757	GHIİJK	8,719	DE	10,480	C
UV	Sarıçam	5,572	K	6,105	İİJK	6,737	GHIİJK
	Doğu Kayını	8,911	D	11,317	BC	12,855	A
	Anadolu kestanesi	5,715	JK	6,464	HIİJK	7,297	FGHI
	Sapsız Meşe	7,120	FGHIİ	8,233	DEF	10,854	C

LSR: 0,083, X_{ort.} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, en yüksek laminasyon katmanı yapışma direnci UV ortamdaki vernikli Doğu kayınında 12,855 N/mm², en düşük dış ortamdaki kontrol Sarıçamda 4,176 N/mm² elde edilmiştir.

İşlem çeşidi-ağaç türü- tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.53’de verilmiştir.

Çizelge 5.53. İşlem çeşidi-ağaç türü- tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine(paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

İşlem Ağaç x Tutkula		Kontrol		Emprenye		Vernik	
		X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG	X _{ort.}	HG
Sarıçam	PVAC-D4	4,451	T	6,545	LMNO	6,472	LMNO
	MF	4,525	ST	6,093	MNOP	7,953	HIİJK
	VTKA	4,685	RST	5,077	PRST	5,586	OPRST
	RF	5,835	NOPR	6,395	LMNO	7,586	İJKL
Doğu Kayını	PVAC-D4	6,983	İJKLMN	10,350	EF	11,589	CD
	MF	11,097	DE	12,647	BC	13,431	B
	VTKA	6,071	MNOP	8,917	GHI	8,975	GHI
	RF	9,511	FG	13,039	B	15,987	A
Anadolık estanes	PVAC-D4	5,076	PRST	5,842	NOPR	6,954	İJKLMN
	MF	5,195	PRST	6,939	JKLMN	8,972	GHI
	VTKA	5,681	OPRS	5,882	NOP	5,577	OPRST
	RF	6,787	KLMNO	8,134	HIİ	8,138	HIİ
Sapsız Meşe	PVAC-D4	6,527	LMNO	7,889	İİJK	10,250	EF
	MF	8,081	HIİJ	10,272	EF	12,482	BC
	VTKA	6,023	MNOP	6,658	LMNO	7,512	İJKL
	RF	7,123	İJKLM	9,084	GH	12,422	BC

LSR: 0,074, X_{ort.} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek RF tutkallı vernikli Doğu kayınında $15,987 \text{ N/mm}^2$, en düşük PVAc-D₄ tutkallı kontrol Sarıçamda $4,451 \text{ N/mm}^2$ elde edilmiştir.

İşlem çeşidi-ağaç türü- ortam çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.54’de verilmiştir.

Çizelge 5.54. İşlem çeşidi-ağaç türü- ortam çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm^2)

Ortam x Tutkal		İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
				X _{ort}	HG	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG
Dış ortam	PVAC-D4			4,759	L	7,889	EFGHIİ	8,427	DEFGH
	MF			6,280	IJKL	8,944	CDEF	10,671	AB
	VTKA			5,515	KL	6,299	IJKL	6,575	IİJK
	RF			7,956	DEFGHIİ	9,633	BCD	11,529	A
UV	PVAC-D4			6,760	HIİJK	7,424	FGHIİJ	9,206	BCDE
	MF			8,170	DEFGHI	9,032	CDEF	10,749	AB
	VTKA			5,716	JKL	6,969	HIİJK	7,250	GHIİJ
	RF			6,673	IİJK	8,693	DEFG	10,538	ABC

LSR: 0,133, X_{ort} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek dış ortamdaki vernikli RF tutkallılarda $11,529 \text{ N/mm}^2$, en düşük dış ortamdaki kontrol PVAc-D₄ tutkallılarda $4,759 \text{ N/mm}^2$ elde edilmiştir.

İşlem çeşidi-ağaç türü- ortam çeşidi-tutkal çeşidi dördü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direnç değerleri farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.55’de verilmiştir.

Çizelge 5.55. İşlem çeşidi-ağaç türü- ortam ve tutkal çeşidi dörtlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (paralel çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

İşlem			Kontrol		Emprenye		Vernik	
Ort x Ağaç x Tut			X _{ort}	HG	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG
Dış ortam	Sarıçam	PVAc-D4	4,168	Z ₁₇ Z ₁₈ Z ₁₉	7,326	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄	6,194	Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀
		MF	2,708	Z ₂₀	5,138	Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇	7,742	STUVYZZ ₁
		VTKA	4,370	Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈ Z ₁₉	5,174	Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆	5,822	Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄
		RF	5,458	Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ -Z ₁₅	6,164	Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁	8,488	OPRST
	Doğu Kayını	PVAc-D4	5,018	Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇	10,910	İİJ	12,124	EFG
		MF	10,718	İİJK	12,828	CDE	13,514	C
		VTKA	5,466	Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ -Z ₁₅	7,926	STUVYZ	8,072	PRSTUVY
		RF	10,480	İJKL	12,976	CDE	14,834	B
	Anadolü kestanes	PVAc-D4	3,910	Z ₁₈ Z ₁₉	5,294	Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆	6,774	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆
		MF	3,726	Z ₁₉	6,332	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉	9,310	MNO
		VTKA	6,546	Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇	6,412	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈	6,006	Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂
		RF	8,438	OPRSTU	9,702	LMN	8,006	RSTUVYZ
	Sapsız Meşe	PVAc-D4	5,940	Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃	8,026	RSTUVYZ	8,614	OPRS
		MF	7,966	RSTUVYZ	11,478	GHI	12,116	EFG
		VTKA	5,676	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ -Z ₁₅	5,682	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ -Z ₁₅	6,400	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈
		RF	7,446	UVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃	9,690	LMN	14,788	B
UV	Sarıçam	PVAc-D4	4,734	Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈	5,764	Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ -Z ₁₄	6,750	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆
		MF	6,342	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉	7,048	ZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅	8,164	PRSTUV
		VTKA	5,000	Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇	4,980	Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇	5,350	Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆
		RF	6,212	Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀	6,626	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇	6,684	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇
	Doğu Kayını	PVAc-D4	8,948	NOPR	9,790	KLMN	11,054	HIİ
		MF	11,476	GHI	12,466	DEF	13,348	CD
		VTKA	6,676	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇	9,908	KLMN	9,878	KLMN
		RF	8,542	OPRST	13,102	CD	17,140	A
	Anadolü kestanes	PVAc-D4	6,242	Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀	6,390	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈	7,134	YZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅
		MF	6,664	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇	7,546	TUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃	8,634	OPRS
		VTKA	4,816	Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈	5,352	Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ -Z ₁₆	5,148	Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇
		RF	5,136	Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇	6,566	Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇	8,270	PRSTUV
	Sapsız Meşe	PVAc-D4	7,114	YZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅	7,752	STUVYZZ ₁	11,886	FGH
		MF	8,196	PRSTUV	9,066	NOP	12,848	CDE
		VTKA	6,370	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉	7,634	STUVYZZ ₁ Z ₂	8,624	OPRS
		RF	6,800	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆	8,478	OPRST	10,056	JKLM

LSR: 0,024, X_{ort} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci en yüksek UV ortamdaki RF tutkallı vernikli Doğu kayınında 7,140 N/mm², en düşük dış ortamdaki MF tutkallı kontrol Sarıçamda 2,708 N/mm² elde edilmiştir.

5.2.2. Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı)

Dış ortamda ve UV ortamında yaşlandırmaya maruz bırakılan deney örneklerinin katman yüzeyine dik çekme direnci ortalamaları Çizelge 5.56'de verilmiştir.

Çizelge 5.56. Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) ortalama değerleri (N/mm²)

İşlem Çeşidi	Ağaç Türü	Tutkal Çeşidi	Ortam çeşidi			
			Dış Ortam		UV Lab. Ortamı	
			X _{ort.}	Std. Sp.	X _{ort.}	Std. Sp.
Kontrol	Meşe	PVAc-D4	0,996	0,136	1,670	0,115
		VTKA	0,758	0,130	1,142	0,141
		RF	2,536	0,160	2,636	0,400
		MF	1,600	0,116	2,170	0,386
	Kayın	PVAc-D4	0,698	0,102	1,344	0,146
		VTKA	1,770	0,172	1,818	0,364
		RF	2,098	0,105	3,326	0,387
		MF	1,700	0,205	1,560	0,261
	Anadolu kestanesi	PVAc-D4	1,312	0,114	1,236	0,170
		VTKA	1,068	0,186	1,762	0,316
		RF	1,622	0,136	1,696	0,274
		MF	1,862	0,038	2,456	0,370
	Sarıçam	PVAc-D4	1,152	0,119	1,200	0,175
		VTKA	0,740	0,120	0,712	0,152
		RF	1,020	0,064	1,288	0,276
		MF	0,632	0,122	0,674	0,190
Emprenye	Meşe	PVAc-D4	1,292	0,180	1,570	0,220
		VTKA	1,402	0,105	1,352	0,312
		RF	2,386	0,166	2,966	0,339
		MF	2,098	0,172	1,776	0,243
	Kayın	PVAc-D4	1,478	0,423	1,492	0,100
		VTKA	2,260	0,186	1,888	0,125
		RF	2,836	0,057	2,918	0,175
		MF	2,066	0,124	2,022	0,091
	Anadolu kestanesi	PVAc-D4	1,288	0,153	1,288	0,231
		VTKA	0,970	0,121	1,534	0,204
		RF	2,128	0,151	1,852	0,125
		MF	2,098	0,273	2,152	0,201
	Sarıçam	PVAc-D4	1,250	0,173	1,330	0,127
		VTKA	0,942	0,100	0,852	0,093
		RF	1,382	0,187	1,334	0,208
		MF	0,760	0,111	0,916	0,048
Vernik	Meşe	PVAc-D4	1,098	0,132	1,468	0,361
		VTKA	1,210	0,159	1,276	0,189
		RF	2,526	0,326	2,510	0,169
		MF	2,710	0,132	1,720	0,235
	Kayın	PVAc-D4	1,060	0,047	1,108	0,111
		VTKA	1,996	0,052	2,096	0,168
		RF	2,830	0,153	3,008	0,250
		MF	2,292	0,227	1,576	0,311
	Anadolu kestanesi	PVAc-D4	1,350	0,110	1,266	0,105
		VTKA	1,654	0,298	1,864	0,129
		RF	2,518	0,213	2,226	0,126
		MF	2,424	0,283	2,450	0,317
	Sarıçam	PVAc-D4	1,346	0,208	1,460	0,341
		VTKA	1,738	0,198	1,384	0,321
		RF	1,572	0,155	1,542	0,092
		MF	1,362	0,259	1,042	0,141

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) en yüksek kontrol örneklerinde dış ortamdaki RF tutkallı Sapsız meşede 2,536 N/mm², UV ortamdaki RF tutkallı Doğu kayınında 3,326 N/mm², emprenyeli örneklerde dış

ortamdaki RF tutkallı Doğu kayınında 2,836 N/mm², UV ortamdaki RF tutkallı meşede 2,966 N/mm², vernikli örneklerde dış ortamdaki RF tutkallı Doğu kayınında 2,830 N/mm², UV ortamdaki RF tutkallı Doğu kayınında 3,008 N/mm², en düşük; kontrol örneklerinde dış ortamdaki MF tutkallı sarıçamda 0,632 N/mm² ve UV ortamdaki MF tutkallı sarıçamda 0,674 N/mm², empenyeli örneklerde dış ortamdaki MF tutkallı sarıçamda 0,760 N/mm², UV ortamdaki VTKA tutkallı Sarıçamda 0,852 N/mm², vernikli örneklerden dış ortamdaki PVAc-D₄ tutkallı Doğu kayınında 5,822 N/mm² ve UV ortamdaki MF tutkallı Sarıçamda 1,042 N/mm² elde edilmiştir.

Kontrol, vernik ve su itici empenye maddeleri ile empenye edilen Sarıçam, Doğu kayını, Sapsız meşe, Anadolu kestanesi örneklerinin dış ortamda ve laboratuvar ortamında yaşlandırma bekletme sonucu oluşan laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) tesbiti yapılmıştır. Bu örneklerle ait elde edilen laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) varyans analizi sonuçları Çizelge 5.57’de verilmiştir.

Çizelge 5.57. Ağaç türü, tutkal çeşidi, işlem çeşidi,ve ortam çeşidine laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem düzeyi % 5
Ortam	0,851	1	0,851	19,683	0,000
İşlem	7,031	2	3,515	81,313	0,000
Ağaç	45,409	3	15,136	350,119	0,000
Tutkal	59,687	3	19,896	460,212	0,000
Ortam * İşlem	3,758	2	1,879	43,467	0,000
Ortam * Ağaç	0,418	3	0,139	3,225	0,023
İşlem * Ağaç	3,885	6	0,648	14,978	0,000
Ortam * İşlem * Ağaç	0,744	6	0,124	2,867	0,010
Ortam * Tutkal	1,324	3	0,441	10,205	0,000
İşlem * Tutkal	2,027	6	0,338	7,813	0,000
Ortam * İşlem * Tutkal	1,134	6	0,189	4,371	0,000
Ağaç * Tutkal	40,345	9	4,483	103,693	0,000
Ortam * Ağaç * Tutkal	5,479	9	0,609	14,082	0,000
İşlem * Ağaç * Tutkal	2,781	18	0,155	3,574	0,000
Ortam * İşlem * Ağaç * Tutkal	3,714	18	0,206	4,773	0,000
Hata	16,601	384	0,043		
Toplam	1525,422	480			

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre, ortam, tutkal çeşidi, ağaçtürü, işlem çeşidi ve bunların kendi içersindeki etkileşimleri laminasyon katmanı yapışma direnci (dik

çekmeye karşı) tesbiti önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları aşağıda Çizelge 5.58-68’de verilmektedir.

Ortam çeşidi, işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde farklılık oluşturan gurubu veya grupları (alt değişkenleri) tespit etmek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.58’de verilmiştir.

Çizelge 5.58. Ortam çeşidi, işlem çeşidi, ağaç türü ve tutkal çeşidi değişkenlerinde laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Faktör		X _{Ort.}	HG.
Ortam	Dış ortam	1,623	B
	UV	1,707	A
LSR: 0,084			
İşlem çeşidi	Kontrol	1,508	C
	Emprenye	1,684	B
	Vernik	1,803	A
LSR: 0,119			
Ağaç türü	Sarıçam	1,786	B
	Doğu Kayını	1,968	A
	Anadolu kestanesi	1,753	B
	Sapsız Meşe	1,151	C
LSR: 0,215			
Tutkal çeşidi	PVAC-D4	1,281	D
	MF	1,755	B
	VTKA	1,425	C
	RF	2,198	A
LSR: 0,144, X _{Ort.} : Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu			

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) ortam çeşidi bakımından en yüksek UV ortamında 1,707 N/mm², işlem çeşidi bakımından verniklilerde 1,803 N/mm², ağaç türü bakımından Doğu kayınında 1,968 N/mm², tutkal çeşidi bakımından RF tutkallılarda 2,198 N/mm², UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı %95 elde edilmiştir. Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) en düşük; ortam çeşidi bakımından dış ortamadaki 1,623 N/mm², işlem çeşidi bakımından kontrollerde 1,508 N/mm², ağaç türü bakımından sarıçamda 1,151 N/mm², tutkal çeşidi bakımından PVAc-D₄ tutkallılarda 1,281 N/mm² elde edilmiştir.

Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde (dik çekmeye karşı) farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.59’da verilmiştir.

Çizelge 5.59. Ağaç türü-tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Ortam \ İşlem	Kontrol		Emprenye		Vernik	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış	1,348	B	1,665	A	1,855	A
Uv	1,668	A	1,703	A	1,750	A

LSR: 0,317, X_{Ort.} :Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) en yüksek dış ortamdaki verniklilerde 1,855 N/mm² , en düşük dış ortamdaki kontrol örneklerde 1,348 N/mm² , UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; kontrol örneklerde %80, emprenyeli örneklerde %98, vernikli örneklerde %106 olarak elde edilmiştir.

Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen katman yüzeyine dik çekme direncinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.60’da verilmiştir.

Çizelge 5.60. Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Ortam \ Tutkal	PVAc-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.} (N/mm ²)	HG	X _{Ort.} (N/mm ²)	HG	X _{Ort.} (N/mm ²)	HG
Dış	1,193	D	1,8	B	1,376	CD	2,121	A
Uv	1,369	CD	1,71	B	1,473	C	2,275	A

LSR: 0,104, X_{Ort.} :Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) en yüksek UV ortamdaki RF tutkallılarda 2,275 N/mm² , en düşük dış ortamdaki PVAc-D₄ tutkallılarda 1,193 N/mm² , UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; PVAc-D₄ tutkallılarda %87, MF tutkallılarda %105, VTKA tutkallılarda %93, RF tutkallılarda %93 elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü ikili etkileşiminde elde edilen katman yüzeyine dik çekme direncinde farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.61’da verilmiştir.

Çizelge 5.61. Ortam çeşidi-ağaç türü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm^2)

Ortam \ Ağaç	Sarıçam		Doğu Kayını		Anadolu kestanesi		Sapsız Meşe	
	$X_{\text{Ort.}}$ (N/mm^2)	HG	$X_{\text{Ort.}}$ (N/mm^2)	HG	$X_{\text{Ort.}}$ (N/mm^2)	HG	$X_{\text{Ort.}}$ (N/mm^2)	HG
Dış	1,158	D	1,924	AB	1,691	C	1,718	BC
Üv	1,145	D	2,013	A	1,815	ABC	1,855	ABC

LSR: 0,027, $X_{\text{Ort.}}$:Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) en yüksek UV ortamdaki Doğu kayınında $2,013 \text{ N/mm}^2$, en düşük UV ortamdaki sarıçamda $1,145 \text{ N/mm}^2$, UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı; Sarıçamda %101, Doğu kayınında %96, Anadolu kestanesinde %93, Sapsız meşede %93 olarak elde edilmiştir.

Tutkal ve işlem çeşidi ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde (dik çekmeye karşı) farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.62’de verilmiştir.

Çizelge 5.62. Ortam çeşidi-ağaç türü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm^2)

Tutkal \ İşlem	Kontrol		Emprenye		Vernik	
	$X_{\text{Ort.}}$	HG	$X_{\text{Ort.}}$	HG	$X_{\text{Ort.}}$	HG
PVAc-D4	1,201	G	1,374	FG	1,270	G
MF	1,582	EF	1,736	DE	1,947	CD
VTKA	1,221	G	1,400	FG	1,652	E
RF	2,028	BC	2,225	AB	2,342	A

LSR: 0,07, $X_{\text{Ort.}}$:Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) en yüksek RF tutkallı verniklilerde $2,342 \text{ N/mm}^2$, en düşük PVAc-D4 tutkallı kontrol örneklerde $1,201 \text{ N/mm}^2$ elde edilmiştir.

Tutkal çeşidi-ağaçtürü ikili etkileşiminde elde edilen katman yüzeyine laminasyon katmanı yapışma direncinde (dik çekmeye karşı) farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.63’de verilmiştir.

Çizelge 5.63. Tutkal çeşidi-ağaçtürü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Ağaç \ Tutkal	PVAc-D4		MF		VTKA		RF	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Sarıçam	1,290	F	0,898	H	1,061	GH	1,356	EF
Doğu Kayın	1,197	FG	1,869	D	1,971	D	2,836	A
Anadolu kestanesi	1,290	F	2,240	C	1,475	E	2,007	D
Sapsız Meşe	1,349	EF	2,012	D	1,190	FG	2,593	B

LSR: 0,059, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, en yüksek laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) RF tutkalı Doğu kayınında 2,342 N/mm², en düşük ise MF tutkallı sarıçamda 0,898 N/mm² olarak elde edilmiştir.

İşlem çeşidi-ağaçtürü ikili etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde (dik çekmeye karşı) farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.64’de verilmiştir.

Çizelge 5.64. Tutkal çeşidi-ağaçtürü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları(N/mm²)

İşlem \ Ağaç	Sarıçam		Doğu Kayını		Anadolu kestanesi		Sapsız Meşe	
	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Kontrol	0,927	E	1,789	BC	1,627	CD	1,689	CD
Emprenye	1,096	E	2,120	A	1,664	CD	1,855	BC
Vernik	1,431	D	1,996	AB	1,969	AB	1,815	BC

LSR: 0,151, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) en yüksek emprenyeli Doğu kayınında 2,120 N/mm², en düşük kontrol sarıçamda 0,927 N/mm² elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.65’de verilmiştir.

Çizelge 5.65. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Ortam x İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
		X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış ortam	Sarıçam	0,886	İ	1,084	İİ	1,505	EFG
	Doğu Kayını	1,567	DEFG	2,160	A	2,045	AB
	Anadolu kestanesi	1,466	FGH	1,621	CDEFG	1,987	ABC
	Sapsız Meşe	1,473	FGH	1,795	ABCDEF	1,886	ABCDE
UV	Sarıçam	0,969	İ	1,108	HIİ	1,357	GHI
	Doğu Kayını	2,012	ABC	2,080	AB	1,947	ABCD
	Anadolu kestanesi	1,788	ABCDEF	1,707	BCDEFG	1,952	ABCD
	Sapsız Meşe	1,905	ABCD	1,916	ABCD	1,744	BCDEFG

LSR: 0,019, X_{Ort.} :Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, en yüksek laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) dış ortamdaki emprenyeli Doğu kayınında 2,160 N/mm², en düşük dış ortamdaki Sarıçamda 0,886 N/mm² elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-tutkal ve işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde (dik çekmeye karşı) farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.66’da verilmiştir.

Çizelge 5.66. Ortam çeşidi-ağaç türü-işlem çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Ortam x İşlem		Kontrol		Emprenye		Vernik	
		X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG	X _{Ort.}	HG
Dış ortam	PVAc-D4	1,040	G	1,327	EFG	1,214	FG
	MF	1,449	CDEF	1,756	BC	2,197	A
	VTKA	1,084	FG	1,394	CDEFG	1,650	BCDE
	RF	1,819	B	2,183	A	2,362	A
UV	PVAc-D4	1,363	DEFG	1,420	CDEF	1,326	EFG
	MF	1,715	BCD	1,717	BCD	1,697	BCDE
	VTKA	1,359	DEFG	1,407	CDEFG	1,655	BCDE
	RF	2,237	A	2,268	A	2,322	A

LSR: 0,026, X_{Ort.} :Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) en yüksek dış ortamdaki vernikli RF tutkallı Doğu kayınında 2,362 N/mm², en düşük dış ortamdaki PVAc-D₄ tutkallı kontrol örneklerinde 1,040 N/mm² elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-ağaç türü-tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde (dik çekmeye karşı) farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonuçları Çizelge 5.67’de verilmiştir.

Çizelge 5.67. Ağaç türü-işlem çeşidi-tutkal çeşidi üçlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

İşlem Ağaç x Tutkal		Kontrol		Emprenye		Vernik	
		X _{Ort.}	HG	X _{Ort} (N/mm ²)	HG	X _{Ort} (N/mm ²)	HG
Sarıçam	PVAC-D4	1,176	STUVY	1,290	PRSTU	1,403	NOPRS
	MF	0,653	ZZ	0,838	ZZ1Z2	1,202	RSTUV
	VTKA	0,726	Z1Z2	0,897	YZZ1Z2	1,561	LMNOP
	RF	1,154	STUVY	1,358	OPRST	1,557	LMNOP
Doğu Kayını	PVAC-D4	1,021	UVYZ	1,485	MNOPR	1,084	TUVYZ
	MF	1,63	KLMNO	2,044	GHIİ	1,934	GHIİJ
	VTKA	1,794	IİJKL	2,074	GHI	2,046	GHIİ
	RF	2,712	AB	2,877	A	2,919	A
Kestane	PVAC-D4	1,274	PRSTU	1,288	PRSTU	1,308	PRSTU
	MF	2,159	FGH	2,125	FGH	2,437	CDE
	VTKA	1,415	NOPRS	1,252	RSTU	1,759	IJKLM
	RF	1,659	JKLMN	1,990	GHIİ	2,372	DEF
Sapsız Meşe	PVAC-D4	1,333	PRST	1,431	NOPRS	1,283	PRSTU
	MF	1,885	HIİJK	1,937	GHIİJ	2,215	EFG
	VTKA	0,95	VYZZ1	1,377	NOPRST	1,243	RSTU
	RF	2,586	BCD	2,676	ABC	2,518	BCD

LSR:0,019, X_{Ort.} :Ortalama değer, H.G. : Homojenlik grubu

Buna göre, laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) en yüksek vernikli RF tutkallı Doğu kayınında 2,919 N/mm², en düşük MF tutkallı kontrol sarıçamda 0,653 N/mm² elde edilmiştir.

Ortam çeşidi-tutkal çeşidi-işlem çeşidi-ağaç türü dörtlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncinde (dik çekmeye karşı) farklılık oluşturan grup veya grupların tespitine yönelik Duncan testi sonucu Çizelge 5.68’de verilmiştir.

Çizelge 5.68. Ortam çeşidi-tutkal çeşidi-işlem çeşidi-ağaç türü dörtlü etkileşiminde elde edilen laminasyon katmanı yapışma direncine (dik çekmeye karşı) ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

İşlem			Kontrol		Emprenye		Vernikli	
Ortam x Ağaç x Tutkal			X _{Ort.}	HG	X _{Ort}	HG	X _{Ort}	HG
Dış ortam	Sarıçam	PVAc-D4	1,152	Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ -Z ₁₉	1,250	Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₇	1,346	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ -Z ₁₃
		MF	0,632	Z ₂₄	0,760	Z ₂₀ Z ₂₁ Z ₂₂ Z ₂₃ Z ₂₄	1,362	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ -Z ₁₃
		VTKA	0,740	Z ₂₁ Z ₂₂ Z ₂₃ Z ₂₄	0,942	Z ₁₇ Z ₁₈ Z ₁₉ Z ₂₀ Z ₂₁ Z ₂₂ Z ₂₃	1,738	PRSTUV
		RF	1,020	Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈ -Z ₂₁	1,382	ZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ -Z ₁₂	1,572	STUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅
	Doğu Kayın	PVAc-D4	0,698	Z ₂₂ Z ₂₃ Z ₂₄	1,478	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ -Z ₉	1,060	Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ -Z ₂₀
		MF	1,700	RSTUVYZ	2,066	KLMNO	2,292	GHIJK
		VTKA	1,770	OPRSTUV	2,260	GHIJK	1,996	KLMNOPR
		RF	2,098	JKLMN	2,836	BCD	2,830	BCD
	Anadolu kestanes	PVAc-D4	1,312	Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₅	1,288	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₆	1,350	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ -Z ₁₃
		MF	1,862	LMNOPRST	2,098	JKLMN	2,424	EFGHI
		VTKA	1,068	Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ -Z ₁₉	0,970	Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈ Z ₁₉ Z ₂₀ -Z ₂₃	1,654	STUVYZZ ₁ Z ₂
		RF	1,622	STUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃	2,128	İJKLMN	2,518	EFGH
	Sapsız Meşe	PVAc-D4	0,996	Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈ Z ₁₉ -Z ₂₂	1,292	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₆	1,098	Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ -Z ₁₉
		MF	1,600	STUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄	2,098	JKLMN	2,710	CDE
		VTKA	0,758	Z ₂₀ Z ₂₁ Z ₂₂ Z ₂₃ Z ₂₄	1,402	YZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ -Z ₁₁	1,210	Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ -Z ₁₈
		RF	2,536	EFG	2,386	FGHIJ	2,526	EFGH
Üv	Sarıçam	PVAc-D4	1,200	Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ -Z ₁₈	1,330	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₄	1,460	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ -Z ₁₀
		MF	0,674	Z ₂₃ Z ₂₄	0,916	Z ₁₈ Z ₁₉ Z ₂₀ Z ₂₁ Z ₂₂ Z ₂₃ Z ₂₄	1,042	Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ Z ₁₆ Z ₁₇ Z ₁₈ -Z ₂₁
		VTKA	0,712	Z ₂₃ Z ₂₃ Z ₂₄	0,852	Z ₁₉ Z ₂₀ Z ₂₁ Z ₂₂ Z ₂₃ Z ₂₄	1,384	ZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ -Z ₁₂
		RF	1,288	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₆	1,334	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₄	1,542	TUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆
	Doğu Kayın	PVAc-D4	1,344	Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ -Z ₁₄	1,492	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ -Z ₈	1,108	Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ Z ₁₅ -Z ₁₉
		MF	1,560	TUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ -Z ₆	2,022	KLMNOP	1,576	STUVYZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅
		VTKA	1,818	NOPRSTU	1,888	LMNOPRS	2,096	JKLMN
		RF	2,918	BCD	3,008	B	3,326	A
	Anadolu kestanes	PVAc-D4	1,236	Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ Z ₁₁ -Z ₁₇	1,288	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₆	1,266	Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ Z ₁₀ -Z ₁₆
		MF	2,456	EFGHI	2,152	İJKL	2,450	EFGHI
		VTKA	1,762	OPRSTUV	1,534	UVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇	1,864	LMNOPRST
		RF	1,696	RSTUVYZ	1,852	MNOPRSTU	2,226	HIJK
	Sapsız Meşe	PVAc-D4	1,670	STUVYZZ ₁	1,570	STUVYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅	1,468	VYZZ ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ -Z ₁₀
		MF	2,170	İJKL	1,776	OPRSTUV	1,720	PRSTUVY
		VTKA	1,142	Z ₁₀ Z ₁₁ Z ₁₂ Z ₁₃ Z ₁₄ -Z ₁₉	1,352	Z ₁ Z ₂ Z ₃ Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ -Z ₁₃	1,276	Z ₄ Z ₅ Z ₆ Z ₇ Z ₈ Z ₉ -Z ₁₆
		RF	2,636	DEF	2,966	BC	2,510	EFGH

LSR: 0,002, X_{Ort.}: Ortalama değer, H.G.: Homojenlik grubu

Buna göre laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı) en yüksek UV ortamdaki vernikli RF tutkalı Doğu kayınında 3,326 N/mm², en düşük dış ortamdaki MF tutkalı kontrol sarıçamda 0,632 N/mm² elde edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı ağaç türü ve tutkal-işlem-ortam çeşidi faktörlerinin lamine ahşap üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmanın bulgular bölümünde belirlenen hususlar aşağıda hava kurusu yoğunluk, retensiyon miktarı, boyutsal değişim (şişme), çarpılma, laminasyon katmanı ve yapışma direnci başlıkları adı altında tartışılmaktadır. Çıkan sonuçlar gerek bilimsel açıdan gerekse uygulamaya yönelik öneriler ortaya konmaya çalışılmıştır.

Hava kurusu yoğunluk:

Sapsız meşe, Doğu kayını, Anadolu kestanesi ve Sarıçam, odunlarının PVAc-D₄, VTKA, RF ve MF tutkalları ile yapıştırılması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının hava kurusu yoğunluklarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Buna göre, VTKA ve MF tutkallı lamine Sapsız meşenin haricinde lamine ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluk değerleri genel olarak masif ağaç malzemeye göre daha yüksek bulunmuştur. Ağaç türlerine göre laminasyonda en yüksek değerler Doğu kayınında elde edilmiştir. Bunu sırayla Sapsız meşe, Anadolu kestanesi ve Sarıçam izlemiştir. Lamine ağaç malzemenin masif ağaca göre yoğunluğunun daha yüksek çıkmasının nedeni; katmanlar arasına daha yüksek yoğunluklu tutkal katmanının katılması ve laminasyon sırasında uygulanan pres basıncının ağaç malzemeyi hacimsel olarak sıkıştırmış olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu durum “Özçifçi ve ark.,2007” çalışması ile paralellik göstermektedir. Aynı zamanda, farklı tutkal çeşitleri ile elde edilen laminasyonun hava kurusu yoğunluğunun masif kontrol örneklerine göre farklı olarak değiştiği görülmektedir. Bunun nedeni ise; laminasyona katılan tutkalların her birinin katı madde miktarlarının birbirlerinden farklı olmasından kaynaklandığı söylenebilir [Forest Product Lab., 1974].

Vakumlu basınç sistemi ile emprenye edilen örneklerde emprenye maddesinin laminasyonda kullanılan ağaç türü ve tutkal çeşidine göre retensiyon miktarları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Buna göre, emprenye edilebilme ve retensiyon miktarı bakımından en uygun ağaç türü Sarıçam odunu ve sırasıyla Anadolu kestanesi, Doğu kayını ve Sapsız meşe, laminasyonda en uygun tutkal çeşidi ise VTKA ve sırası ile PVAc-D₄, MF ve RF olduğu görülmektedir. VTKA tutkallı Sarıçam laminasyonda en yüksek retensiyon miktarı elde edilmesinin nedeni; Sarıçam odununun yoğunluğunun diğer ağaç türlerine göre çok düşük, iğne yapraklı ağaçların boyuna yönde sıvı akışını sağlayan geçit çiftlerinin açık olması ve laminasyonda kullanılan VTKA tutkalının viskozitesinin çok yüksek olup yüzeysel yapışma sağlaması ve laminasyon katmanının derinliklerine nüfuz edemeyip emprenye çözeltisinin ağaç içersindeki hareketine engel olamayışından kaynaklandığı söylenebilir. Bu durum, “Örs, Sönmez, Uysal, 1999” çalışması sonuçları ile paralellik göstermektedir. Viskozitesi düşük olan RF ve MF tutkallı Doğu kayını ve Sapsız meşe laminasyonunda, her iki tutkalın laminasyon katmanlarının derinliklerine nüfuz ederek sertleşmesi sonucu hücre geçitlerini kapatması, ağaç yoğunluklarının yüksekliği ve Sapsız meşede tül oluşumu emprenye işlemini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, RF ve MF tutkallı laminasyonlarda retensiyon miktarının düşük çıktığı söylenebilir.

Boyutsal değişim (Genişlik yönünde):

Her bir ağaç türü, tutkal-işlem ve ortam çeşidi esas alındığında lamine edilmiş ağaç malzemede boyutsal değişim genişleme biçiminde (şişme) oluşmuştur. Herhangi bir daralma meydana gelmemiştir.

Boyutsal değişimde ortam çeşidi esas alındığında, dış ortamın UV ortamına göre daha fazla etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 5.5). Bunun nedeni, dış ortam şartlarının çok değişken ve karmaşık olması ve ayrıca UV ortam şartlarında bulunmayan eksi (0’ın altındaki) sıcaklık değerleri ve örneklerin kışın kar altında kalmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Her bir ağaç türünün kontrol örnekleri, kendi türü içerisinde işlem görmüş örneklerle göre daha çok boyutsal değişime uğradığı görülmektedir (Çizelge 5.5). Bunun nedeni emprenye ve vernik işlemlerinin ağaç malzemeyi boyutsal değişime (çalışmaya) karşı korumasından kaynaklandığı söylenebilir. İşlem çeşidi bakımından kontrol örneklerine göre emprenye işlemi %44, vernik işlemi ise %61 oranında boyutsal değişimi engelleyici yarar sağlamıştır. Bunun nedeni, vernik işleminin örneklerin tüm yüzeyinde koruyucu bir katman oluşturarak ortamda bulunan ve çalışmayı sağlayacak rutubetin ağaç bünyeye ulaşamamış olmasıdır. Emprenyeli örneklerde her iki ortamdaki uzun süreli bekletmelerde emprenye maddesinin suda yıkanması ve çözünmesi sonucu az miktarda da olsa ağaç bünyeye rutubet girmesinden dolayı vernikli olanlara göre daha fazla çalıştığı düşünülmektedir. Zira hücre lümenlerine dolmuş ve hücre çeperlerine tutunmuş böyle bir su itici karışımın, hücre boşluklarına ve bir miktar da hücre çeperlerine madde girişini sağladığı ve o kısımlarda su/odun temas açısını 90°'den daha küçük bir hale getirerek hidrofobluğu artırdığı, fakat su alımında asıl etken olan serbest hidroksil (OH-) gruplarına yönelik bir işlem olmadığından, zamanla su alma oranının, emprenyeli odunda normal odundakine yaklaşımaya başladığı, bunun ise, tipik bir "su itici karışım"ın karakteri olduğu belirtilmektedir [Yıldız, 1988; Rowell ve Banks, 1985].

Ağaç türleri esas alındığında, en yüksek genişleme miktarı lamine edilmiş Doğu kayınında elde edilmiş bunu Sapsız meşe izlemektedir (Çizelge 5.5). Bunun nedeni olarak Doğu kayını ve Sapsız meşe yoğunluklarının diğer ağaç türlerine göre daha yüksek olması ve bunların koruyucu işlem maddelerini bünyesine daha az almalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tutkal çeşidi esas alındığında, en yüksek genişleme miktarı VTKA tutkallı lamine edilmiş örneklerde görülmekte ve bunu sırayla PVAc-D₄, MF ve RF tutkallı örnekler izlemektedir (Çizelge 5.5). Bunun nedeni, termoplastik esaslı olan VTKA tutkalının ortam şartlarından etkilenecek ağaç malzemenin boyutsal çalışmasını engellemede diğer termoset esaslı tutkallara göre daha az etkili olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu literatür ile de desdeklenmektedir [Keskin, 2001].

Ağaç türü tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim VTKA tutkallı Doğu kayını örneklerinde (%1,845), en düşük RF tutkalı Anadolu kestanesinde (%0,372), elde edilmiştir. Bu durumda, diğer tutkallara göre daha yüzeysel yapışma katmanı sağlayan ve termoplastik esaslı VTKA tutkalının boyutsal değişim kabiliyeti en fazla olan Doğu kayınının çalışmasını engellemede yetersiz kaldığı düşünülmektedir.

Ağaç türü işlem çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim bütün ağaç türleri için kontrol örneklerinde, işlem görmüşler arasında karşılaştırma yapıldığında ise; en düşük vernikli Anadolu kestanesinde (%0,301) elde edilmiştir. Bu durum, vernik işleminin örneklerin tüm yüzeylerini koruyucu bir film tabakası ile kaplaması ve rutubet alış verişini keserek emprenyeye göre boyutsal çalışmayı engellemede daha etkin olmasından kaynaklanmış olabilir.

Ağaç türü ve ortam çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilen Doğu kayınında (%1,100), en düşük ise UV ortamdaki Anadolu kestanesinde (%0,532) elde edilmiştir. Bu durumda, dış ortamın UV ortam şartlarına göre çok değişken ve karmaşık olması ve Doğu kayınının yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle boyutsal değişimi artırmıştır. Anadolu kestanesi odunu bol miktarda (%7-16 oranında) tanen maddesi ihtiva etmektedir. Bu madde keresteyi çürümeye ve çalışmaya karşı dayanıklı hale getirmektedir [Taşkın, 1983]. Bu nedenle Anadolu kestanesi en düşük sonucu verdiği düşünülmektedir.

İşlem ve tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim bütün tutkal çeşitleri için kontrol örneklerinde, en düşük ise RF tutkalı vernikli örneklerde (%0,277) elde edilmiştir. Bu durumda, diğer tutkallara göre viskozitesi düşük olan termo set esaslı RF tutkalının örneklerle derinlemesine daha fazla nüfuz ederek ve o bölgelerde dönüşümsüz bir sertleşme sağlayarak boyutsal değişimi engellediği söylenebilir. Ancak, emprenye işleminde retensiyon miktarının düşük olmasına sebep olduğu için vernik işleminin emprenye işlemine göre boyutsal değişimi engellemede daha etkili olduğu düşünülmektedir.

Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilen kontrol örneklerinde, en düşük ise her iki yaşlandırma çeşidine maruz bırakılan vernikli örneklerde elde edilmiştir. Bu durumda, dış ortamın UV ortamına göre daha değişken ve karmaşık olmasının korumasız bırakılan örneklerde daha büyük deformasyona yol açmasına sebep olmuştur. Emprenyeli örneklerin yağmur ve kar suları ile yıkanarak, zamanla emprenye maddesinin etkinliğinin kaybolmasından dolayı çalışmayı yeterince engelleyemediği ve vernikli örneklerde boyutsal değişim daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

Ağaç türü, tukul ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim VTKA tutkalı Doğu kayını kontrol örneklerinde (%2,114), en düşük ise RF tutkalı vernikli Doğu kayını ve Anadolu kestanesi örneklerinde (%0,205- %0,211) elde edilmiştir. Bu durum diğer ağaç türlerine göre yoğunluğu yüksek olmasından dolayı boyutsal değişim kabiliyeti yüksek olan Doğu kayını örneklerinin korumasız olmasından ve VTKA tutkalının diğer tutkallara nazaran yüzeysel bir yapışma katmanı sağlamasından kaynaklanmış olabilir. RF tutkalının ise viskozitesinin düşük olmasından dolayı derinlemesine nüfuz ederek karalı ve dönüşümsüz bir yapışma katmanı sağlamasından, düzgün bir yüzey veren Doğu kayınının vernik ile iyi bir bağ kurmasından ve Anadolu kestanesinin ise bünyesinde bulunan tanen sayesinde boyutsal değişimin düşük çıktığı söylenebilir. Bu sonuç “Uysal ve ark., 2005” çalışması ile de desteklenmektedir.

Ağaç türü, ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilmiş kontrol Doğu kayınında (%1,693), en düşük ise vernikli Anadolu kestanesinde (%0,256) elde edilmiştir. Bu durum, diğer ağaç türlerine göre yoğunluğu yüksek olmasından dolayı boyutsal değişim kabiliyeti yüksek olan Doğu kayını örneklerinin korumasız olmasından ve UV ortamına göre dış ortamın çok değişken olmasından ortaya çıkmış olabilir. Anadolu Kestanesi örneklerinde tanen maddesi varlığının kuvvetli bir vernik tabakası oluşturarak dış ortamla alış verişi kesmesi nedeniyle daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

Ağaç türü, tutkal ve ortam çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilen VTKA tutkallı Doğu kayınında (%1,933), en düşük ise UV ortamda bekletilen RF tutkallı Anadolu kestanesinde (%0,301) elde edilmiştir. Bu durum, kayının diğer ağaç türlerine göre yoğunluğunun yüksek olmasından ve bu boyutsal değişim kabiliyetinin fazla olmasından, VTKA tutkalının viskozitesinin yüksek olması nedeni ile yüzeysel ve fiziksel sertleşmesi nedeniyle dönüşümlü bir yapışma katmanı sağlamasından ve UV ortamına göre çok değişken olan dış ortam boyutsal deformasyonu artırmıştır. RF tutkalının derinlemesine nüfuz ederek kuvvetli bir yapışma katmanı sağlaması, UV ortamın dış ortama nazaran daha kararlı olması ve Anadolu kestanesi bünyesindeki tanen maddesinin dönüşümsüz ve daha kararlı bir yapışma katmanı oluşmasına katkıda bulunması nedeni ile düşük çıktığı söylenebilir.

İşlem, ortam ve tutkal çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilen VTKA tutkallı kontrol örneklerinde (%1,570), en düşük ise UV ortamında bekletilen RF tutkallı vernikli örneklerde (%0,261) elde edilmiştir. Bu durum VTKA tutkalının yüzeysel ve dönüşümlü bir yapışma katmanı sağlaması ve UV ortamına göre çok değişken olan dış ortamda korumasız olarak bekletilen kontrol örneklerinde boyutsal deformasyonu artırmıştır. RF tutkalının derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz bir yapışma katmanı sağlaması, UV ortamın dış ortama nazaran daha kararlı olması ve emprenye maddesinin zamanla yağmur ve kar suları ile yıkanarak bünyeden uzaklaşması, verniğin iyi bir film tabakası oluşturarak rutubet alış verişini engellemesi sebebi ile RF tutkallı vernikli örneklerde deformasyon daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

Ağaç türü, işlem, ortam ve tutkal çeşidi dördümlü etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilen VTKA tutkallı Doğu kayını kontrol örneklerinde (%2,406), en düşük ise UV ortamında bekletilen RF tutkallı vernikli Doğu kayınında (%0,044) elde edilmiştir. Bu durum, kayının diğer ağaç türlerine göre yoğunluğunun ve boyutsal değişim kabiliyetinin yüksek olmasından, VTKA tutkalının yüzeysel ve dönüşümlü bir yapışma katmanı sağlamasından ve UV ortamına göre çok değişken ve karmaşık şartlara sahip olan dış ortam sebebiyle

yüksek çıkmış olabilir. Düşük viskoziteli RF tutkalı derinlemesine nüfuz ederek o bölgelerde daha dönüşümsüz bir yapışma katmanı sağlar. UV ortamı dış ortama nazaran daha karardır. Aynı zamanda emprenye maddesinin zamanla yağmur ve kar suları ile yıkanarak bünyeden uzaklaştığı da bilinmektedir. Bunların da katılımı ile verniğin düzgün satırlı Doğu kayını örneklerinde iyi bir film tabakası oluşturarak rutubet alış verişi engellemenin boyutsal değişimin daha düşük çıkmasına sebep olduğu söylenebilir.

Boyutsal değişim (kalınlık yönünde):

Her bir ağaç türü, tutkal-işlem ve ortam çeşidi esas alındığında lamine edilmiş ağaç malzeme boyutsal değişim bakımından kalınlık yönünde de genişlemeye uğramıştır. Herhangi bir daralma meydana gelmemiştir.

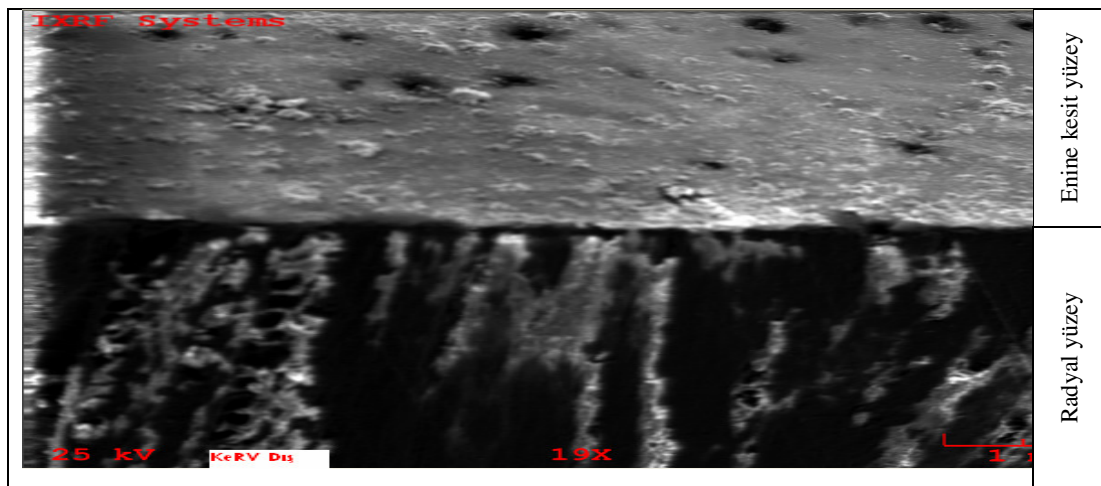
Kontrol örneklerinde kalınlık yönündeki boyutsal değişim genişlik yönündeki değişimden yaklaşık olarak %100-%150 daha fazla oluşmuştur. Vernikli ve emprenyeli örnekler ise benzerlik göstermektedir. Bunun nedeni, kontrol örneklerinin bırakılmış olduğu ortamdan rutubet alış verişi yaparak lamine katmanların şişmesine, yüzeysel yapışma katmanı sağlayan ve termoplastik esaslı tutkalların ortamdan etkilenerek bozunması ve bunun sonucu olarak katman ayrılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Resim 6.1).



Resim 6.1. Dış ortamda bekletilen örneklerde meydana gelen kalınlık yönünde şişme sonucu oluşan katman ayrılması

Boyutsal değişimde ortam çeşidi esas alındığında, dış ortamın UV ortamına göre daha fazla etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 5.19). Bunun nedeninin, dış ortam şartlarının çok değişken ve karmaşık olması, UV ortam şartlarında yer almayan eksi (0'ın altındaki) sıcaklık değerlerinin bulunması ve ayrıca örneklerin kışın kar altında kalması olduğu söylenebilir.

Boyutsal değişimde işlem çeşidi esas alındığında, her bir ağaç türünün kontrol örnekleri, kendi türü içerisinde işlem görmüş örneklere göre daha çok boyutsal değişime uğradığı görülmektedir (Çizelge 5.19). Bunun nedeni, emprenye ve vernik işlemlerinin ağaç malzemeyi boyutsal değişime karşı korumasından kaynaklandığı söylenebilir. İşlem çeşidi bakımından kontrol örneklerine göre emprenye işlemi %336, vernik işlemi ise %225 oranında boyutsal değişimi engelleyici yarar sağlamıştır. Bunun nedeni, emprenye maddesinin örneklerin hücre boşluklarına kadar nüfuz ederek derinlemesine bir etki sağlaması, vernik işleminin ise örneklerin bütün yüzeylerinde boyutsal değişimi engelleyici bir vernik katmanı oluştursa bile, bulunmuş olduğu ortamın olumsuz etkileri nedeniyle örneklerin makta kısımlarında zamanla vernik katmanı yüzeyinde delikçikler oluşmaktadır (Resim 6.2). Oluşan bu delikçiklerden örnekler rutubet alış verişi yaparak emprenyeli örneklere göre daha fazla boyutsal değişime uğradığı düşünülmektedir.



Resim 6.2. Dış ortamda bekletilen vernikli örneğin SEM görüntüsü

Boyutsal değişimde ağaç türü esas alındığında, en yüksek genişleme miktarı lamine Sapsız meşede (%1,410) ve Doğu kayınında (%1,360), en düşük ise Sarıçamda (%1,260) ve Anadolu kestanesinde (%1,269) görülmektedir (Çizelge 5.19). Bunun nedeni, olarak Sapsız meşe ve Doğu kayınının yoğunluklarının diğer ağaç türlerine göre daha yüksek olması ve bunların koruyucu işlem maddelerini bünyesine daha az almalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Boyutsal değişimde tutkal çeşidi esas alındığında, PVAc-D₄ ve VTKA tutkallı örnekler bir grup MF ve RF tutkallı örneklerde ayrı bir grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek boyutsal değişim miktarı PVAc-D₄ tutkallı örneklerde görülmekte ve bunu sırayla, VTKA, MF ve RF tutkallı örnekler izlemektedir (Çizelge 5.19). Bunun nedeni, termo plastik esaslı olan PVAc-D₄ tutkalına sertleştirici ilavesi ile zayıf termo set özellik kazanması, MF, RF tutkallarına göre yüzeysel yapışma katmanı sağlaması ve ortam şartlarından etkilenerek ağaç malzemenin boyutsal çalışmasını engellemede diğer termo set esaslı tutkallara göre daha az etkili olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ağaç türü tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim PVAc-D₄ tutkallı Sapsız meşede (%2,760), en düşük ise RF tutkallı Anadolu kestanesinde (%0,566) elde edilmiştir. Bu durum, RF tutkalının ağaç bünyeye derinlemesine daha fazla nüfuz ederek ve dönüşümsüz bir sertleşme sağlayarak boyutsal değişimi engellediği, ayrıca Sapsız meşeye (%6-%10) göre Anadolu kestanesinin (%7-%16) bol miktarda tanen içermesi ve yoğunluğunun düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durumu “Uysal ve Kurt, 2005” çalışmasında desteklemektedir.

Ağaç türü işlem çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim bütün ağaç türleri için kontrol örneklerinde, işlem görmüşler arasında karşılaştırma yapıldığında ise istatistiksel olarak aralarında bir fark olmamasına rağmen en düşük vernikli Anadolu kestanesinde (%0,424) elde edilmiştir. Bu durum vernik işleminin örneklerin tüm yüzeylerini koruyucu bir film tabakası ile kaplayarak empenye işlemine göre boyutsal çalışmayı engellemede daha etkin olması, Anadolu

kestanesinin yoğunluk ve çalışma kabiliyetinin düşük olması, bol miktarda tanen maddesi ihtiva etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

İşlem, tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim viskoziteleri yüksek olan PVAc-D4 (%3,451), VTKA tutkalı kontrol örneklerinde (%3,170), en düşük ise RF tutkalı emprenyeli (%0,367) ve MF tutkalı vernikli (%0,304) örneklerden elde edilmiştir. Bu durum diğer tutkallara göre viskozitesi düşük olan termo set esaslı RF tutkalının ağaç bünyeye derinlemesine daha fazla nüfuz ederek ve dönüşümsüz bir sertleşme sağlayarak boyutsal değişimi engellediği ve emprenye ve vernik işlemlerinin örneklerin rutubet alış verişini keserek iyi bir koruma sağladığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ağaç türü ortam çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim bütün ağaç türleri için dış ortamda bekletilen örneklerde, en düşük ise UV ortamda bekletilen örneklerde elde edilmiştir. Bu durumda, dış ortamın UV ortam şartlarına göre çok değişken ve karmaşık olmasından boyutsal değişimin düşük çıktığı söylenebilir.

Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilen PVAc-D₄ tutkalı örneklerde (%3,149), en düşük ise UV ortamda bekletilen MF tutkalı örneklerde (%0,440) elde edilmiştir. Bu durum, dış ortamın UV ortam şartlarına göre çok değişken ve karmaşık olmasından, MF tutkalının viskozitesinin düşük olmasından dolayı ağaç bünyenin derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz bir sertleşme sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilen kontrol örneklerinde (%4,364), en düşük ise UV ortamda bekletilen vernikli örneklerde (%0,491) elde edilmiştir. Bu durumun, dış ortamın UV ortamına göre çok değişken ve karmaşık olmasından ve vernik işleminin örnek yüzeyler üzerinde emprenyeye göre daha iyi bir koruyucu etki oluşturmamasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu durum “Var, 2001” literatür ile paralellik göstermektedir.

Ağaç türü, işlem ve tutkal çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim VTKA tutkallı Anadolu kestanesi (%5,541) ve PVAc-D₄ tutkallı Sapsız meşe kontrol örneklerinde (%5,321), en düşük ise RF (%0,132) ve MF tutkallı (%0,188) vernikli örneklerde elde edilmiştir. Bu durumda, MF ve RF tutkallarının viskozitesinin düşük olmasından dolayı ağaç bünyenin derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz bir sertleşme sağlaması, emprenye maddesinin zamanla yağmur ve kar suları ile yıkanarak bünyeden uzaklaşmasından dolayı vernikli örneklerde boyutsal değişimin daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

Ağaç türü, ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilmiş Anadolu kestanesi kontrol örneklerinde (%5,031), en düşük ise dış ortamda bekletilmiş vernikli Anadolu kestanesi örneklerinde (%0,400) elde edilmiştir. Bu durumun, yüksek oranlı tanen maddesinin katılımı ile örnek yüzeylerinde kuvvetli bir vernik katmanı oluşturarak dış ortamla alış verişini kesmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ortam, işlem, ve tutkal çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilen PVAc-D₄ tutkallı (%5,950) ve VTKA tutkallı (%5,875) kontrol örneklerinde, en düşük ise UV ortamında bekletilen RF tutkallı vernikli örneklerde (%0,281) elde edilmiştir. Bu durumda, PVAc-D₄ tutkalının zayıf dönüşümsüz, VTKA tutkalının yüzeysel-dönüşümlü bir sertleşme ve yapışma katmanı sağlamasından dolayı çok değişken şartlara sahip dış ortamda korumasız bırakılan kontrol örneklerinde boyutsal değişimi artırdığı söylenebilir. RF tutkalının ağaç bünyenin derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz bir sertleşme sağlaması, UV ortamın daha kararlı olması ve emprenye maddesinin zamanla yağmur ve kar suları ile yıkanarak bünyeden uzaklaşmasından dolayı vernikli örneklerde boyutsal değişimin daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

Ağaç türü, işlem, ortam ve tutkal çeşidi dörtlü etkileşimi bakımından en yüksek boyutsal değişim dış ortamda bekletilen VTKA tutkallı Anadolu kestanesi kontrol örneklerinde (%10,838), en düşük ise UV ortamında bekletilen RF tutkallı vernikli Anadolu kestanesi (%0,084) elde edilmiştir. Bu durumda, VTKA tutkalının yüzeysel

ve dönüşümlü bir sertleşme sağlaması, değişken ve karmaşık şartlara sahip olan dış ortamda kontrol örneklerinin korumasız bırakılması sebebiyle yüksek çıktığı söylenebilir. RF tutkalının dönüşümsüz bir sertleşme sağlaması, UV ortamın daha kararlı olması ve emprenye maddesinin zamanla yağmur ve kar suları ile yıkanarak bünyeden uzaklaşması ve buna karşılık verniğin diğer ağaç türlerine göre tanen miktarı bol olan Anadolu kestanesi ile iyi bir film tabakası oluşturarak rutubet alış verişini engellemesinden dolayı daha düşük çıktığı söylenebilir.

Şekil bozuklukları (çarpılma/burulma):

Çarpılma bakımından ortam çeşidi esas alındığında, dış ortamın UV ortamına göre daha fazla etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 5.32). Bunun nedeni, dış ortam şartlarının çok değişken ve karmaşık olması ve ayrıca UV ortam şartlarında bulunmayan eksi (0'ın altındaki) sıcaklık değerleri ve örneklerin kışın kar altında kalması bu farkı ortaya çıkarmış olabilir.

Çarpılma bakımından işlem çeşidi esas alındığında en yüksek çarpılma miktarının kontrol örneklerinde (3,220 mm), en düşük çarpılma miktarının emprenye ve vernik işlemlili örneklerde (1,394 mm) elde edilmiştir. Burada emprenyeli örneklerde vernikli örneklerle göre kılcal çatlaklar ve özellikle diğer ağaç türlerine nazaran yoğunluğu yüksek Doğu kayınında yarıklar gözlemlenmiştir. Verniğin iyi bir koruyucu özellik göstermesi, örneklerde çatlakların oluşmasını engellemiştir. Her iki işlemin yaklaşık olarak %56 çarpılmayı engelleyici etkide bulunduğu tespit edilmiştir.

Çarpılma bakımından ağaç türü esas alındığında en yüksek çarpılma miktarını Anadolu kestanesinde (2,389 mm), en düşük ise Sarıçamda (1,633 mm) elde edilmiştir. Burada yoğunluğu yüksek, retensiyon miktarı düşük olan örneklerde (Doğu kayını, Sapsız meşe) çarpılma miktarının daha yüksek olmamasının nedeni, bu örneklerde bünyede oluşan iç gerilmenin makta ve yüzeylerde meydana gelen çatlak ve yarıklar (Resim 6.3, 6.4, 6.5) vasıtasıyla alınmasından çarpılma miktarları daha düşük çıkmış olabilir.



Resim 6.3. Dış ortamda bekletilmiş kontrol Doğu kayını örneğinin enine kesit görünüşü



Resim 6.4. Dış ortamda bekletilmiş emprenyeli Doğu kayını örneğinin enine kesit görünüşü



Resim 6.5. Dış ortama bekletilmiş kontrol Doğu kayını örneğinin yüzey görünüşü

Çarpılma bakımından tutkal çeşidi esas alındığında en yüksek çarpılma miktarı PVAc-D₄ tutkallı örneklerde (2,235 mm), en düşük ise RF tutkallı örneklerden (1,679 mm) elde edilmiştir. Bunun nedeni, RF tutkalına göre viskozitesi yüksek olan PVAc-D₄ tutkalının daha yüzeysel ve dönüşümlü bir yapışma sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda bu sonucu boyutsal değişim verileri de desteklemektedir.

Ağaç türü ortam çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek çarpılma miktarı dış ortamda bekletilen Anadolu kestanesinde (2,297 mm), en düşük ise UV ortamdaki Sarıçamda (1,188 mm) elde edilmiştir. Anadolu kestanesinde yoğunluğun yüksek retensiyon miktarının düşük olmasından çarpılmanın yüksek çıktığı, Sarıçam da ise, bunun tam tersi meydana geldiği söylenebilir.

Ağaç türü tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek çarpılma miktarı VTKA tutkallı Doğu kayınında (2,781 mm), en düşük ise MF tutkallı Sapsız meşede (1,405 mm) elde edilmiştir. Bu durum, Doğu kayınının diğer ağaç türlerine göre yoğunluğunun yüksek ve retensiyon miktarının düşük olmasından, VTKA tutkalının

diğer tutkallara nazaran yüzeysel ve dönüşümlü bir yapışma katmanı sağlamasından kaynaklanmış olabilir. MF tutkalının bünyesinde bulunan tanen sayesinde Sapsız meşede dönüşümsüz sertleşme sağlayarak kararlı ve az gerilimli bir laminasyon meydana getirmesinden çarpılmanın daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

Ağaç türü işlem çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek çarpılma miktarı Anadolu kestanesi kontrol örneklerinde (4,561 mm), en düşük ise vernikli Sapsız meşede (1,167 mm) elde edilmiştir. Sapsız meşede çarpılmanın düşük çıkması, Anadolu kestanesine göre yoğunluğu yüksek, retensiyon miktarı düşük olan meşe örneklerin bünyesinde oluşan iç gerilmenin makta ve yüzeylerinde meydana gelen çatlak ve yarıklar vasıtasıyla alınmasından kaynaklanmış olabilir.

Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek çarpılma miktarı dış ortamda bekletilmiş kontrol örneklerinde (3,843 mm), en düşük ise UV ortamda bekletilmiş emprenyeli örneklerden (1,190 mm) elde edilmiştir. Bu durum, dış ortamın UV ortama göre çok değişken ve karmaşık olması korumasız bırakılan kontrol örneklerinde deformasyonu artırmıştır. Özellikle örneklerin yüzeylerinde lif kabarmaları, derin çatlak ve yarıklar, uçlarda katman ayrılmaları emprenyeli örneklerde, kılcal çatlaklar, vernikli örneklerde ise vernik katman çatlakları gözlemlenmiştir (Resim 6.6, 6.7, 6.8). Emprenye işleminin ağaç bünyenin derinlemesine nüfuz etmesi, vernik işleminin ise, örneklerin makta kısmındaki filim katmanı, yüzeylerdeki kadar başarılı olunamaması ve bu yüzden zamanla katmanda küçük deliklerin oluşması ve deliklerden rutubet alış verişi olması çarpılma miktarını artırmış olabilir.



Resim 6.6. Dış ortamda bekletilmeden önceki Anadolu kestanesi, Doğu kayını, Sarıçam ve Sapsız meşe kontrol (işlemsiz) örnekleri



Resim 6.7. Dış ortamda bekletilmiş kontrol (işlemsiz) Sarıçam örneklerin arka ve ön yüzeyinden ve kontrol Doğu Kayını örneğinin ön yüzeyinden görünüşü.



(a)

(b)

(c)

Resim 6.8. Dış ortamda bekletilmiş emprenyeli Doğu kayını (a), Dış ortamda bekletilmeden önceki vernikli Doğu kayını (b), Dış ortamda bekletilmiş vernikli Doğu kayını (c)örnekleri

Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek çarpılma miktarı dış ortamda bekletilmiş PVAc-D₄ tutkallı örneklerde (2,739 mm), en düşük ise UV ortamda bekletilmiş RF tutkallı örneklerde (1,731 mm) elde edilmiştir. Bu durum, dış ortamın UV ortamına göre çok değişken ve karmaşık olmasından, PVAc-D₄ tutkalının yüzeysel ve esnek bir yapışma katmanı oluşturmasından, buna karşılık RF tutkalının derinlemesine ve dönüşümsüz bir sertleşme sağlayarak çarpılmayı engelleyici rol oynamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tutkal ve işlem çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek çarpılma miktarı PVAc-D₄ tutkallı kontrol örneklerinde (3,634 mm), en düşük ise RF tutkallı vernikli örneklerde (1,025 mm) elde edilmiştir. Bu durum, termo set esaslı RF tutkalının ağaç bünyeye derinlemesine daha fazla nüfuz ederek ve dönüşümsüz bir sertleşme sağlayarak çarpılmayı engellediği, aynı zamanda emprenye işleminde retensiyon miktarının düşük kalmasına sebep olduğu için vernik işleminin emprenye işlemine göre çarpılmayı engellemede daha etkili olduğu düşünülmektedir.

Ağaç türü, tutkal ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek çarpılma miktarı MF tutkallı Anadolu kestanesi kontrol örneklerinde (5,199 mm), en düşük ise VTKA tutkallı emprenyeli Anadolu kestanesinde (0,471 mm) elde edilmiştir. MF tutkallı lamine örneklerin katmanları açılmayıp bütün halde kaldıklarından iç gerilmeleri daha fazla olduğu için çarpılma yüksek çıkmıştır. Buna karşılık, emprenye işleminin ağacın bünyesine derinlemesine nüfuz ederek iyi bir koruma sağlaması, termoplastik esaslı VTKA tutkalının yüzeysel bir yapışma katmanı oluşturmasından dolayı katmanların açılması ve buna dayalı olarak iç gerilimin az olması nedeniyle çarpılma miktarının düşük çıktığı söylenebilir.

Ağaç türü, ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek çarpılma miktarı dış ortamda bekletilmiş Anadolu kestanesi kontrol örneklerinde (5,810 mm), en düşük ise UV ortamında bekletilmiş emprenyeli Anadolu kestanesinde (0,864 mm) elde edilmiştir. Bu durumda çarpılma miktarının düşüklüğünün, UV ortamın daha kararlı olması, emprenye işleminin ağaç bünyesine derinlemesine nüfuz ederek

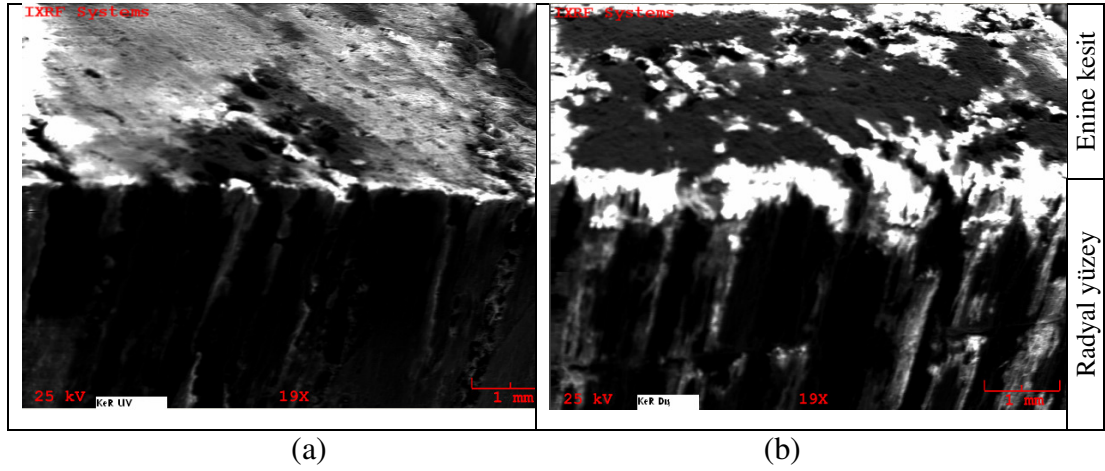
odun hücresi çeperlerini kapatması ve buna dayalı olarak çalışmayı ve iç gerilmeyi azaltmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Ortam, tutkal ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek çarpılma miktarı dış ortamda bekletilmiş PVAc-D₄ tutkallı kontrol örneklerinde (4,549 mm), en düşük ise RF tutkallı emprenyeli örneklerde (0,851 mm) elde edilmiştir. Bunun nedeni, PVAc-D₄ tutkalının yüzeysel ve zayıf dönüşümsüz bir yapışma katmanı oluşturması, çok değişken şartlara sahip dış ortamda korumasız bırakılan kontrol örneklerinde çarpılmayı artırdığı söylenebilir. UV ortamın daha kararlı olması, RF tutkalının dönüşümsüz bir sertleşme sağlaması, emprenye işleminin etkili bir koruma sağlayarak çalışma ve iç gerilmeyi azaltılmasından çarpılmanın daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

Ağaç türü, ortam, tutkal ve işlem çeşidi dördümlü etkileşim bakımından en yüksek çarpılma miktarı dış ortamda bekletilmiş PVAc-D₄ tutkallı (7,660) ve MF tutkallı (7,548) Anadolu kestanesi kontrol örneklerinde, en düşük ise VTKA tutkallı emprenyeli Anadolu kestanesinde (0,420 mm) elde edilmiştir. Çarpılma miktarının en düşük VTKA tutkallı emprenyeli Anadolu kestanesinde çıkmasının nedeni, dönüşümlü sertleşen VTKA tutkallı laminasyonun katmanlarının açılması ile iç gerilmenin alınmış olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Laminasyon katmanı yapışma direnci (paralel çekmeye karşı):

Laminasyon katmanı yapışma direncinde ortam çeşidi esas alındığında, en yüksek yapışma direnci UV ortamda bekletilen örneklerde (8,098 N/mm²), en düşük ise dış ortamda bekletilen örneklerde (7,873 N/mm²) elde edilmiştir. Bunun nedeni, dış ortam şartlarının çok değişken ve karmaşık olması ve ayrıca UV ortam şartlarında bulunmayan eksi (0'ın altındaki) sıcaklık değerleri ve örneklerin kışın kar altında kalmasından kaynaklanmış olabilir. Resim 6.9'da da görüldüğü gibi UV ortamda bekletilmiş örnekte (a) katmanlar arasında bir iki tane açılma görülürken yüzeyin emprenye maddesi ile korunduğu, dış ortama bırakılmış örnekte (b) ise katman ayrılımların daha fazla ve yüzeyin çok fazla bozunmaya uğradığı görülmektedir.



Resim 6.9. UV (a) ve dış ortamda (b) bekletilmiş emprenyeli Anadolu kestanesi SEM görüntüleri

Laminasyon katmanı yapışma direncinde işlem çeşidi esas alındığında en yüksek yapışma direnci vernikli örneklerde ($9,368 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise kontrol örneklerinde ($6,478 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunun nedeni, emprenye ve vernik işlemlerinin ağaç malzemeyi ortamın bozunduruca etkisine karşı korumasından kaynaklandığı söylenebilir. İşlem çeşidi bakımından kontrol örneklerine göre emprenye işlemi %25, vernik işlemi ise %46 oranında bozunmayı engelleyici yarar sağlamıştır. Bunun nedeni, vernik işleminin örneklerin tüm yüzeyinde koruyucu bir katman oluşturarak ortamda bulunan rutubetin ağaç bünyeye ulaşmasının engellenmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Emprenyeli örneklerde her iki ortamdaki uzun süreli bekletmelerde emprenye maddesinin suda yıkanması ve çözünmesi sonucu az miktarda da olsa ağaç bünyeye rutubet girmesinden dolayı vernikli olanlara göre daha az etkili olduğu düşünülmektedir.

Laminasyon katmanı yapışma direncinde ağaç türü esas alındığında, en yüksek yapışma direnci Doğu kayını ($10,716 \text{ N/mm}^2$), bunu sırasıyla Sapsız meşe ($8,694 \text{ N/mm}^2$), Anadolu kestanesi ($6,598 \text{ N/mm}^2$), Sarıçam ($5,934 \text{ N/mm}^2$) izlediği görülmektedir. Bunun nedeni, Doğu kayını ve Sapsız meşe yoğunluklarının diğer ağaç türlerine göre daha yüksek olması ve kayın örneklerin daha düzgün yapışma yüzeyine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuç “Yılmaz, 2006; Atar, 2007” çalışmaları ile de paralellik göstermektedir.

Laminasyon katmanı yapışma direncinde tutkal çeşidi esas alındığında en yüksek yapışma direnci RF tutkallı örneklerde ($9,170 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiş, bunu sırayla MF ($8,974 \text{ N/mm}^2$), PVAc-D₄ ($7,411 \text{ N/mm}^2$), VTKA ($6,378 \text{ N/mm}^2$) tutkallı örnekler izlemiştir. Bunun nedeni RF ve MF tutkallarının viskozitesi düşük olması nedeniyle ağaç bünyeye derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz ve kuvvetli bir yapışma sağlamasından en yüksek sonuçları verdiği düşünülmektedir. Sonuçlar “Atar ve Özçifçi, 2005” çalışmayla paralellik göstermektedir.

Ağaç türü tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek katman yapışma direnci RF tutkallı Doğu kayınında ($12,846 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise VTKA tutkallı Sarıçamda ($5,116 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Doğu kayının yoğunluğunun diğer ağaç türlerine göre daha yüksek olması, RF tutkalının dönüşümsüz ve kuvvetli bir yapışma sağlamasından en yüksek yapışma direnci elde edildiği düşünülmektedir. Buna karşılık Sarıçamın yoğunluğunun düşük olması ve reçine içermesi, VTKA tutkalının yüzeysel ve bu nedenle daha zayıf bir yapışma sağlaması yapışma direncinin düşük çıkmasına sebep olduğu söylenebilir. Bu durum “Kaygı, 2002” çalışması ile de paralellik göstermektedir.

Ağaç türü ortam çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek yapışma direnci UV ortamında bekletilmiş Doğu kayınında ($11,027 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise dış ortamda bekletilmiş Sarıçamda ($5,729 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bu durum UV ortamının dış ortama göre daha kararlı olması, Doğu kayınının diğer ağaç türlerine göre daha yüksek yoğunluğa sahip olması nedeniyle yapışma direncini artırmıştır. Sarıçam odununun yoğunluğunun düşük olması, dış ortamın çok değişken ve karmaşık olması yapışma direncini olumsuz etkilemiş olabilir.

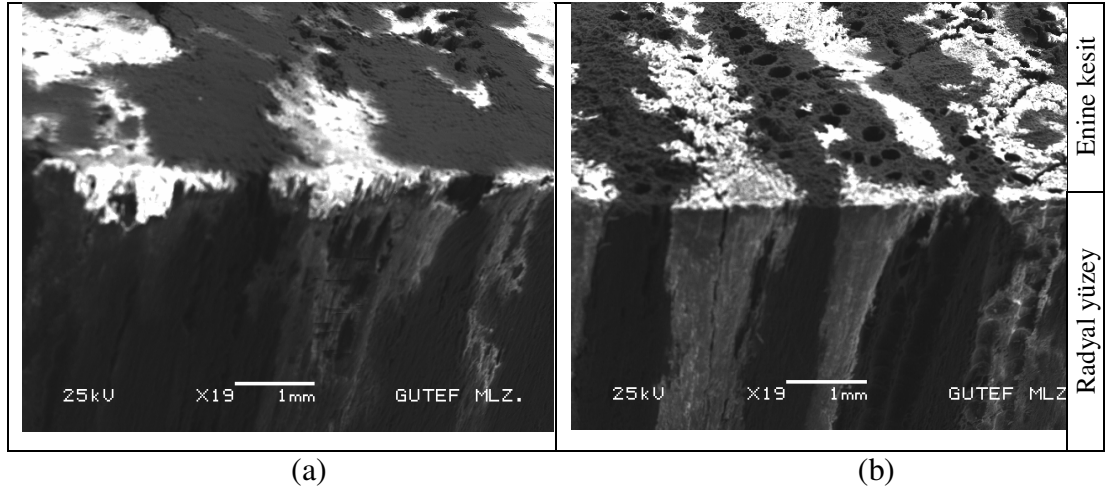
Ağaç türü ve işlem çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek katman yapışma direnci vernikli Doğu kayınında ($12,496 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise kontrol Sarıçamda ($4,874 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunun nedeni, Doğu kayınının yoğunluğunun yüksek, yüzeyin düzgün olması ve vernik işleminin yapışma katmanını bozucu etkilerinden korumuş olması yapışma direncini olumlu etkilediği düşünülmektedir. Sarıçam

örneklerin reçine içermesi ve işlem görmemiş (kontrol) örneklerin bozucu etkilere açık olması katman yapışma direncine olumsuz etki yaptığı düşünülmektedir.

İşlem ve tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek katman yapışma direnci RF tutkallı ($11,033 \text{ N/mm}^2$) ve MF tutkallı ($10,710 \text{ N/mm}^2$) vernikli örneklerde, en düşük ise PVAc-D₄ tutkallı ($5,759 \text{ N/mm}^2$) ve VTKA tutkallı ($5,615 \text{ N/mm}^2$) kontrol örneklerinde elde edilmiştir. Tutkal çeşidi olarak RF ve MF' nin bir grup, PVAc-D₄ ve VTKA' nın bir grup oluşturduğu görülmekte, birinci grup tutkalların diğerine göre yaklaşık iki kat daha yüksek katman yapışma direnci göstermektedir. Bunun nedeni, RF ve MF tutkallarının ağaç bünyeye derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz bir yapışma katmanı oluşturması, ayrıca vernik işleminin bu katmanı ortamların etkilerinden korumuş olmasından yapışma direncinin yüksek çıktığı düşünülmektedir.

İşlem ve ortam çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek katman yapışma direnci her iki ortamda vernik işlemi uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Bunun, vernik işleminin iyi bir koruyucu filim tabakası oluşturmasından ve yapışma katmanını ortamların bozucu etkilerinden daha iyi korumasından kaynaklandığı söylenebilir. Emprenyeli örneklerde ise emprenye maddesinin zamanla kar ve yağmur suları ile yıkanarak uzaklaşması nedeniyle yapışma katmanını ortamların bozucu etkilerinden yeteri kadar koruyamadığından yapışma direncinin düşük çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek yapışma direnci UV ortamda bekletilmiş MF tutkallı örneklerde ($9,317 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise dış ortamda bekletilmiş VTKA tutkallı örneklerde ($6,149 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunun nedeni UV ortamın dış ortama göre daha kararlı olmasından, VTKA tutkalının ise termo plastik esaslı olup yüzeysel bir yapışma katmanı oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Resim 6.10'da dış ortamda bekletilmemiş (a) ve dış ortamda bekletilmiş (b) RF tutkallı örneğin resmi görülmektedir.



Resim 6.10. Dış ortamda bekletilmemiş (a) ve dış ortamda bekletilmiş (b) RF tutkallı örneklerin SEM görüntüsü

Resim incelendiğinde dış ortamda bekletilmiş örnekte tutkal katmanında delikçikler, çatlaklar ve lamine katmanda yarılmalar meydana geldiği görülmektedir.

Ağaç türü, ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek katman yapışma direnci UV ortamda bekletilmiş vernikli Doğu kayınında ($12,855 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise dış ortamda bekletilmiş işlemsiz (kontrol) Sarıçamda ($4,176 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunun nedeni, UV ortamın kararlı ve Doğu kayını yoğunluğunun yüksek olması, vernik katmanının emprenyeye göre yapışma katmanını daha iyi korumasından katman yapışma direncinin daha yüksek çıktığı düşünülmektedir. Dış ortamın çok değişken ve karmaşık, Sarıçamın yoğunluğunun düşük ve reçine içermesi, reçinenin yapışmayı olumsuz etkilemesi katman yapışma direncinin düşük çıkmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Bu sonucu “Örs ve ark., 1998” çalışmasında desdeklemelemektedir.

Ağaç türü, tutkal ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek yapışma direnci RF tutkallı vernikli Doğu kayınında ($15,987 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise PVAc-D₄ tutkallı Sarıçam kontrol örneklerinde ($4,451 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunun nedeni, RF tutkalının diğer ağaç türlerine göre yoğunluğu yüksek Doğu kayınının bünyesine derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz bir sertleşme sağlaması ve verniğin daha az boşluklu Doğu kayını ile iyi bir film tabakası oluşturarak rutubet alış verişini

engellemesinden dolayı katman yapışma direncinin daha yüksek çıktığı düşünülmektedir.

Ağaç türü, tutkal, işlem ve ortam çeşidi dörtlü etkileşimi bakımından en yüksek katman yapışma direnci UV ortamında bekletilmiş RF tutkallı ve vernikli Doğu kayınında ($17,140 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise dış ortamda bekletilmiş MF tutkallı Sarıçam kontrol örneklerinde ($2,708 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Katman yapışma direncinin yüksek çıkmasının nedeni, UV ortamın daha kararlı olması ve RF tutkalının diğer ağaç türlerine göre yoğunluğu yüksek olan Doğu kayını ağaç bünyeye derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz bir sertleşme sağlaması olarak düşünülmektedir. MF tutkalının termo set sertleşmesini düşük yoğunluklu Sarıçamdaki reçine olumsuz etkilemiş ve iyi bir yapışma sağlayamamış olabilir. Bu durumdaki işlemsiz (kontrol) örneklerinin tutkal katmanı dış ortamın çok değişken ve karmaşık şartları altında düşük bir katman yapışma direnci vermiş olabilir.

Laminasyon katmanı yapışma direnci (dik çekmeye karşı);

Laminasyon katmanı yapışma direncinde ortam çeşidi esas alındığında en yüksek yapışma direnci UV ortamda bekletilen örneklerde ($1,707 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise dış ortamda bekletilen örneklerde ($1,623 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunun nedeni dış ortam şartlarının çok değişken ve karmaşık olması ve ayrıca UV ortam şartlarında bulunmayan eksi (0° 'ın altındaki) sıcaklık değerleri ve örneklerin kışın kar altında kalmasın kaynaklanmış olabilir.

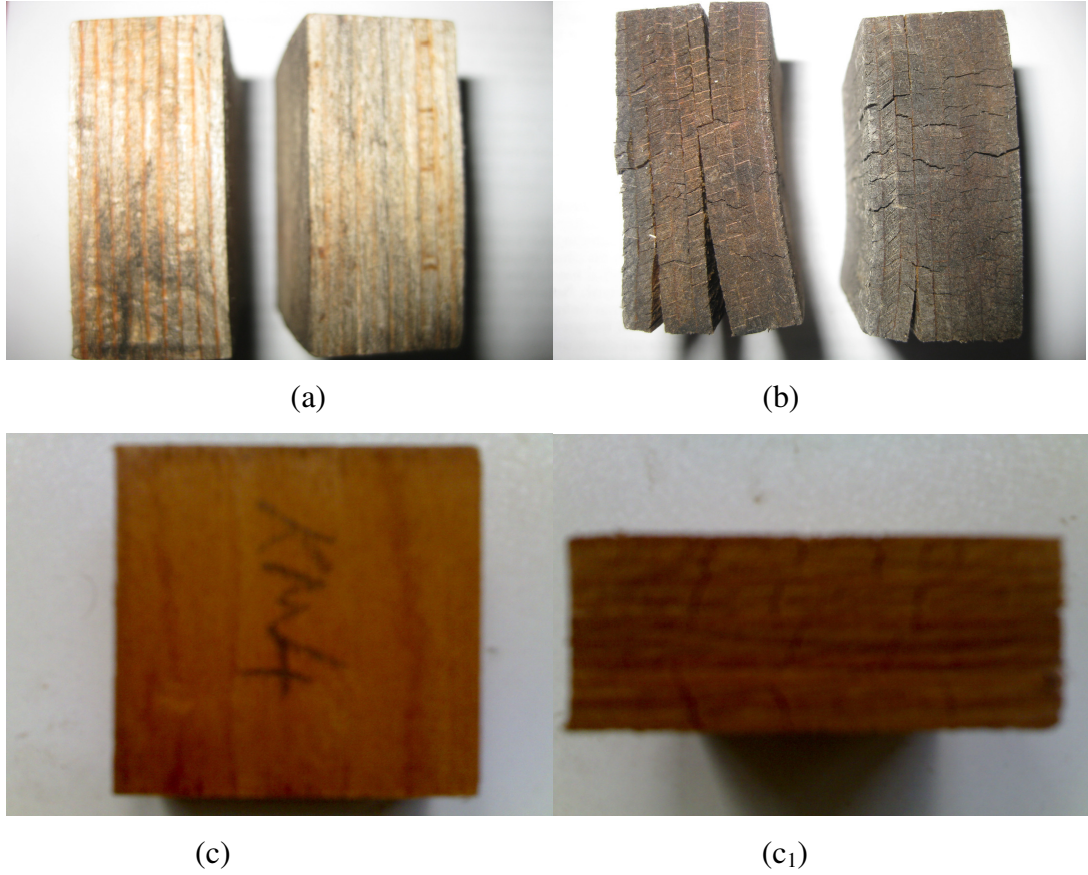
Laminasyon katmanı yapışma direncinde işlem çeşidi esas alındığında en yüksek yapışma direnci vernikli örneklerde ($1,803 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise kontrol örneklerinde ($1,508 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunun nedeni, emprenye ve vernik işlemlerinin ağaç malzemeyi ortamın bozunduruca etkisine karşı korumasından kaynaklandığı söylenebilir. İşlem çeşidi bakımından kontrol örneklerine göre emprenye işlemi %12, vernik işlemi ise %20 oranında bozunmayı engelleyici yarar sağlamıştır. Bunun nedeni, vernik işleminin örneklerin tüm yüzeyinde koruyucu bir katman oluşturarak ortamda bulunan rutubetin ağaç bünyeye ulaşmasının

engellenmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Emprenyeli örneklerde her iki ortamdaki uzun süreli bekletmelerde emprenye maddesinin suda yıkanması ve çözünmesi sonucu az miktarda da olsa ağaç bünyeye rutubet girmesinden dolayı vernikli olanlara göre daha az etkili olduğu düşünülmektedir.

Laminasyon katmanı yapışma direncinde ağaç türü esas alındığında en yüksek yapışma direnci Doğu kayını ($1,968 \text{ N/mm}^2$), bunu sırasıyla Sarıçam ($1,786 \text{ N/mm}^2$), Anadolu kestanesi ($1,753 \text{ N/mm}^2$), Sapsız meşe ($1,151 \text{ N/mm}^2$) izlediği görülmektedir. Katman yapışma direncinin yüksek çıkmasının nedeni Doğu kayını yoğunluğunun diğer ağaç türlerine göre yüksek ve düzgün yapışma yüzeyine sahip olmasından, Anadolu kestanesi ve Sapsız meşede düşük çıkmasının nedeni ise, düzgün yapışma yüzeyine sahip olmamalarından kaynaklanmış olabilir. Bu durum “Laufenberg, 1982” çalışması ile de paralellik göstermektedir.

Laminasyon katmanı yapışma direncinde tutkal çeşidi esas alındığında en yüksek yapışma direnci RF tutkallı örneklerde ($2,198 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiş, bunu sırayla MF ($1,755 \text{ N/mm}^2$), VTKA ($1,425 \text{ N/mm}^2$), PVAc-D₄ ($1,281 \text{ N/mm}^2$) tutkallı örnekler izlemiştir. Bunun nedeni, RF ve MF tutkallarının dönüşümsüz ve kuvvetli bir yapışma sağlamasından en yüksek sonuçları verdiği düşünülmektedir.

Ortam ve işlem çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek katman yapışma direnci her iki ortamda da vernik ve emprenye işlemleri uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Bunun, vernik işleminin iyi bir koruyucu filim tabakası oluşturmasından ve yapışma katmanını ortamların bozucu etkilerinden korumasından kaynaklandığı söylenebilir. Emprenye işleminin ağaç bünyeye derinlemesine nüfuz etmesinden dolayı iyi bir koruyucu etkinlik sağlamıştır (Resim 6.11).



Resim 6.11. Dış ortama bırakılmış emprenyeli (a), dış ortama bırakılmış kontrol (b), UV ortamda bekletilmiş kontrol (c) örnekleri

Ortam ve tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek yapışma direnci her iki ortamda RF tutkalı örneklerde, en düşük ise dış ortamda bekletilmiş PVAc-D₄ tutkalı örneklerde elde edilmiştir. UV ortamın dış ortama göre daha kararlı olmasından, RF tutkalının ağaç bünyeye derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz bir yapışma katmanı oluşturmasından yapışma direncinin yüksek çıktığı, PVAc-D₄ tutkalının viskozitesinin yüksek olmasından dolayı yüzeysel bir yapışma katmanı oluşturmasından ve zayıf dönüşümsüz sertleşmesinden yapışma direncinin düşük çıktığı düşünülmektedir.

Ağaç türü ortam çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek katman yapışma direnci UV ortamda bekletilmiş Doğu kayınında ($2,013 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise her iki ortamda bekletilmiş Sarıçamda ($1,145 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bu durum, UV ortamın dış ortama göre daha kararlı olması, Doğu kayınının diğer ağaç türlerine

göre daha yüksek yoğunluğa ve düzgün yapışma yüzeyine sahip olması nedeniyle yapışma direncini artırmıştır. Sarıçam odununun yoğunluğunun düşük ve reçine içermesi yapışma direncini olumsuz etkilemiş olabilir. Bu durumu [Franklin Glue Comp.,1989] çalışmasıda desteklemektedir.

İşlem ve tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek katman yapışma direnci RF tutkallı vernikli örneklerde ($2,342 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise PVAc-D₄ tutkallı kontrol örneklerinde ($1,201 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Tutkal çeşidi olarak RF tutkalının PVAc-D₄ tutkalına göre yaklaşık iki kat daha yüksek katman yapışma direnci göstermektedir. Bunun nedeni, RF tutkalının ağaç bünyeye derinlemesine nüfuz ederek ve dönüşümsüz bir yapışma katmanı oluşturması, ayrıca vernik işleminin yapışma katmanını ortamların bozucu etkilerinden korumuş olmasından yapışma direncinin yüksek çıktığı düşünülmektedir.

Ağaç türü tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından en yüksek yapışma direnci RF tutkallı Doğu kayınında ($2,836 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise MF tutkallı Sarıçamda ($0,898 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunun nedeni, Doğu kayının yoğunluğunun yüksek olması, RF tutkalının dönüşümsüz kuvvetli bir yapışma sağlamasından en yüksek yapışma direnci elde edildiği düşünülmektedir. Sarıçamın yoğunluğunun düşük ve reçine içermesi, reçinenin MF tutkalının reaksiyon sonucu sertleşmesini olumsuz etkilemesi katman yapışma direncinin düşük çıkmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

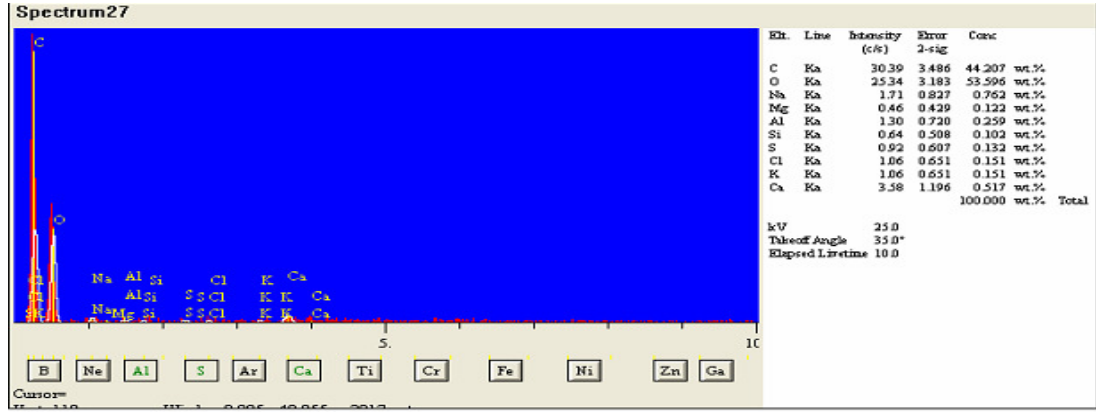
Ağaç türü, ortam ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek katman yapışma direnci dış ortamda bekletilmiş emprenyeli Doğu kayınında ($2,160 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise dış ortama bırakılmış kontrol Sarıçamda ($0,886 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Bunun nedeni, Doğu kayını örneklerinin yoğunluğunun yüksek ve emprenye maddesinin örneklerin hücre boşluklarına kadar nüfuz ederek derinlemesine bir etki sağlaması, ortamın bozundurucu etkisine karşı etkili bir koruma sağlamasından en yüksek yapışma direnci elde edildiği düşünülmektedir. Dış ortamın çok değişken ve karmaşık, Sarıçamın yoğunluğunun düşük ve reçine içermesi, reçinenin yapışmayı olumsuz etkilemesi katman yapışma direncinin düşük çıkmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Ortam, tutkal ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek yapışma direnci UV ortamda bekletilmiş RF tutkallı örneklerde, dış ortamda bekletilmiş RF tutkallı emprenyeli ve RF, MF tutkallı vernikli örneklerde elde edilmiş, en düşük ise dış ortama bırakılmış PVAc-D₄ tutkallı kontrol örneklerinde elde edilmiştir. Bunun nedeni, RF ve MF tutkalının ağaç bünyeye derinlemesine nüfuz ederek ve dönüşümsüz bir yapışma katmanı oluşturması, vernik ve emprenye işlemlerinin örnekleri korumada etkili olmasından en yüksek katman yapışma direnci elde edildiği düşünülmektedir. Dış ortamın çok değişken ve karmaşık olması, PVAc-D₄ tutkalının zayıf dönüşümsüz sertleşmesi ve kontrol örneklerinin ortamların bozucu etkisine karşı korumasız olması nedeniyle en düşük katman yapışma direnci verdiği düşünülmektedir.

Ağaç türü, tutkal ve işlem çeşidi üçlü etkileşimi bakımından en yüksek yapışma direnci RF tutkallı vernikli (2,919 N/mm²) ve RF tutkallı emprenyeli Doğu kayınında (2,877 N/mm²), en düşük ise MF tutkallı Sarıçam kontrol örneklerinde (0,653 N/mm²) elde edilmiştir. Bunun nedeni RF tutkalının yoğunluğu yüksek ve yüzeyi düzgün Doğu kayınının bünyesine derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz bir yapışma katmanı oluşturması ve verniğin Doğu kayını ile iyi bir film tabakası oluşturarak rutubet alış verişini engellemesinden dolayı katman yapışma direncinin daha yüksek çıktığı düşünülmektedir.

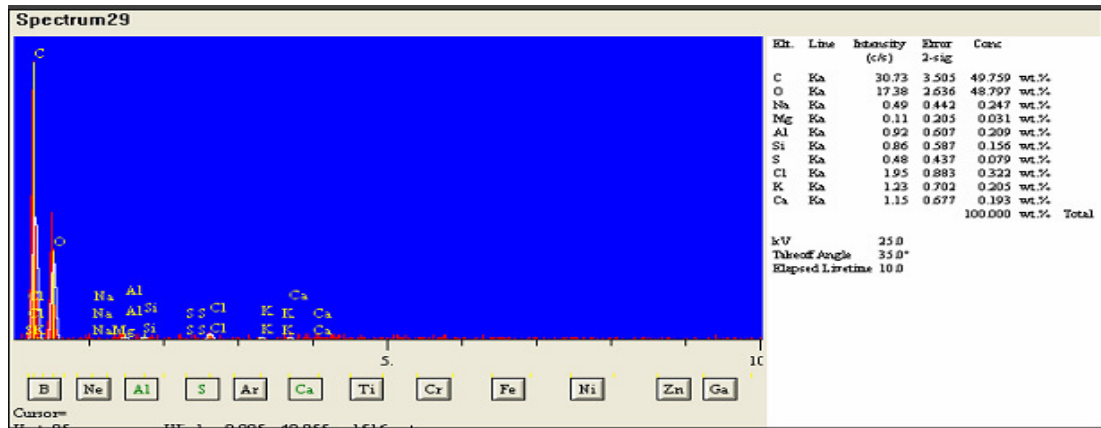
Ağaç türü, tutkal, işlem, ortam çeşidi dördümlü etkileşimi bakımından en yüksek yapışma direnci UV ortamında bekletilmiş RF tutkallı ve vernikli Doğu kayınında (3,326 N/mm²), en düşük ise dış ortamda bekletilmiş MF tutkallı Sarıçam kontrol örneklerinde (0,623 N/mm²) elde edilmiştir. Bunun nedeni, korumasız olarak dış ortamda bekletilen örneklerde ultraviyole ışınlarının etkisi ile ligninin bozunması ve yağmur suları ile yıkanma sonucu bozunum hızlanmaktadır. Bu enerji dağılımlı izge ölçümü (EDS) sonuçları ile de örtüşmektedir (Şekil 6.3 ve 6.4) . Dış ortamın UV ortama göre çok değişken ve karmaşık, UV ortamın daha kararlı olması ve RF tutkalının diğer ağaç türlerine göre yoğunluğu yüksek olan Doğu kayınının bünyesine derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz bir yapışma katmanı oluşturması

ve vernik işleminin iyi bir koruyucu filim katmanı oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 6.3. RF tutkalı ile yapıştırılmış UV ortamda bekletilmemiş Sarıçam kontrol (işlemsiz) örneklerinde; enerji dağılımlı izge ölçümü (EDS)

Şekil 6.3’de RF tutkalı ile yapıştırılmış UV ortamda bekletilmemiş Sarıçam kontrol (işlemsiz) örneklerinde; enerji dağılımlı izge ölçümü (EDS) ile, yüzey kimyasal yapısına ilişkin element analizleri sonucunda; örnek yüzeylerindeki karbon oranı, %44,207, oksijen oranı ise %53,595 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.4. RF tutkalı ile yapıştırılmış UV ortamda bekletilmiş Sarıçam kontrol (işlemsiz) örneklerinde; enerji dağılımlı izge ölçümü (EDS)

Şekil 6.4’de RF tutkalı ile yapıştırılmış UV ortamda bekletilmiş Sarıçam kontrol (işlemsiz) örneklerinde; enerji dağılımlı izge ölçümü (EDS) ile, yüzey kimyasal

yapısına ilişkin element analizleri sonucunda; örnek yüzeylerindeki karbon oranı, %49,759 oksijen oranı ise %48,797 olarak belirlenmiştir.

EDS analizi sonuçlarına göre yaşlandırma sonucu numunelerde C miktarları yükselmiştir. Bunun nedeni olarak korumasız bırakılan ağaç malzemenin ortamın bozundurucu etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonucu “Feist ve Hon, 1984” çalışmasında desteklemektedir.

UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı genel olarak genişlik yönünde boyutsal değişimde %85, kalınlık yönünde boyutsal değişimde %31, şekil bozukluğunda (çarpılmada) %75, paralel çekmede %97, dik çekmede %95 olarak gerçekleşmiştir. Açık hava koşullarının meydana getirdiği bozunumu önleyebilmek amacıyla yüzeyde filim tabakası oluşturan boya, vernik uygulamaları veya ağaç bünyesine derinlemesine nüfuz eden emprenye işlemi uygulamaları vazgeçilmez olduğu düşünülürse kontrol (işlemsiz) örnekleri dikkate alınmadığında; UV ortamın dış ortamı temsil etme oranı genişlik yönünde boyutsal değişimde %89, kalınlık yönünde boyutsal değişimde %67, şekil bozukluğunda (çarpılmada) %85, paralel çekmede %102, dik çekmede %100 olarak gerçekleşmiştir. Buda göstermektedirki 240 saatlik yaşlandırma dış ortamda ki 1 yıllık yaşlandırmanın %87’sine karşılık gelmektedir.

Öneriler

Herhangi bir işlemle koruyucu muamele edilmeyen ağaç malzeme abiyotik faktörlerin etkisinde kalarak değişimlere uğradığı, yüzeyinde uzun süreli periyotlarda 0,05-2,5 mm arasında bozunumlar oluştuğu ve renk değişimi meydana geldiği bilinmektedir.

Bu çalışma sonuçlarına göre; açık hava koşullarının (dış ortam) meydana getirdiği karmaşık değişimleri önleyebilmek amacıyla, yüzeyde film tabakası oluşturan ve estetik bir görünüm sağlayan sentetik esaslı yarı şeffaf vernik uygulamaları yapılabilir. Vernik uygulamaları yapılırken, özellikle rutubet alışı verişinin kolay

gerçekleştirdiği enine kesit (makta) yüzeyin çok iyi verniklenmesi gerekmektedir. Ya da sentetik esaslı macunla kapatılarak üzerine vernik işlemi yapılabilir. Ağaç yüzeyinde her hangi bir renklendirme yapmayan, ağacın kendi doğal rengini yansıtan parafin/vaks-bezir yağı emprenye maddesi, iç mekânlarda veya yağmur ve kar suyunun ulaşması mümkün olmayan dış ortamda kullanılabilir.

Dış ortamda kullanılacak ağaç malzemenin yapıştırılmasında tutkal çeşidi olarak öncelikle viskozitesi düşük, ağaç bünyeye derinlemesine nüfuz ederek dönüşümsüz sertleşen RF tutkalı kullanımı önerilebilir. Ancak, RF tutkalı pahalı bir tutkal olduğu için RF tutkalının yerine MF tutkalı %89, zayıf dönüşümsüz sertleşen PVAc-D₄ tutkalı %70 ve VTKA tutkalının %67 yapışma performansları ile kullanımı önerilebilir.

Dış ortamın bozundurucu özelliğinin korumasız ağaç malzemeler üzerinde etkisi çok fazladır. Ağaç malzeme hangi koruyucu madde ile korunursa korunsun dış ortamdaki yıkımlayıcı faktörler (yağış, uv ışınları, asit yağmurları vb.) koruyucu maddenin bir kısmını zamanla ağaç bünyesinden uzaklaştırarak, koruyucu özelliğini zayıflatmaktadır. Bunun sonucuda telafisi mümkün olmayan maddi kayıplar oluşmaktadır. Bu kayıpları önlemek için ağaç malzemeyi belli periyotlarla koruyucu madde ile desteklemek gerekmektedir. Fakat sadece koruyucu madde tek başına yeterli olmayabilir. Bunun için hangi ortamda hangi tür ağaç malzemenin kullanılması gerektiği iyi bilinmelidir. Bu nedenlerle dış ortamda kullanılacak malzemenin yüksek yoğunlukta olmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca malzeme üzerindeki koruyucu madde zayıflasa bile ağacın kendi bünyesindeki bir takım doğal korucu maddeleri (reçine, ekstraktif maddeler, pigment ve yağlar) içermelidir. Bu araştırma da göstermektedir ki; yoğunluğu yüksek olan ağaç türlerinde (Doğu kayını) boyutsal değişim ve şekil bozukluğu diğer ağaç türlerine göre yüksek çıkmıştır. Bu sebeple iç mekânlarda veya kar, yağmur gibi bozundurucu etkilerin ulaşmadığı yerlerde Doğu kayını kullanılabilir. Dış ortamda ise bünyesinde koruyucu madde bulunan, emprenye ve vernik işlemleri ile iyi bir koruyucu etkinlik kazandırılan yoğunluğu düşük olan, yüksek mekanik zorlamalara maruz kalmayacak yerlerde Anadolu kestanesi tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

Treu, A., Militz, H., Breyne, S., “Royal-treatment- scientific background and practical application”, *Presentation at COST E22 conference in Reinbek*, 128-132 (2001).

Agnes, R., Young, R.A., “Reduction of weathering degradation of wood through plasma-polymer coating”, *Holzforchung*, 53: 632-640 (1999).

Altınok, M., Döngel, N., “Laminasyonda Ağaç Türü ve Katman Sayısının Eğilme Direncine Etkileri”, *Z.K.Ü Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi*, 1(2) :225-235 (1999).

Altınok, M., “Ahsap Tutkallı Birleştirmelerde Yapışma Performansına Sıcaklık Artışının Etkileri”, *Politeknik Dergisi*, 5(4): 341-345 (2002).

ASTM D 3737-08, “Standard Practice for Establishing Allowable Properties for Structural Glued Laminated Timber (Glulam)”, *ASTM*, USA, 8-7 (2008).

ASTM G 154-06, “Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials”, *ASTM*, USA, 2-8 (2006).

ASTM G151-06, “Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources”, *ASTM*, USA, 3-13 (2006).

ASTM G7-05, “Standard Practice for Atmospheric Environmental Exposure Testing of Nonmetallic Materials”, *ASTM*, USA, 2-10 (2005).

ASTM-D 1413-07, “Standard Test Method of Testing Wood Preservatives by Laboratory Soilblock Cultures”, *ASTM*, USA, 1-9 (2007).

Atar, M., “PVAc Tutkalında Viskozite Değişiminin Bazı Ağaç Malzemelerde Yapışma Direncine Etkileri”, *Politeknik dergisi*, 10(1) :85-91 (2007).

Atar, M., Özçifçi, A., “Lamine Edilmiş Ağaç Malzemede Farklı Test Ortamlarının ve Ağaç Türlerinin Yapışma Direncine Etkisi”, *Technology*, 8(4) :305-310 (2005).

Atlas material testing technology;“UV 2000 ultraviyole yaşlandırma tes cihazı kullanım kılavuzu”, *Atlas*, USA, 23-25 (2008).

Atmaca, A., “Laminasyonlu Ahşap Kirişlerin Çeşitli Yapılarda Kullanımı”, Yüksek Mühendislik Tezi, *Z.K.Ü. Fen Bil. Ens.*, Bartın, 34-45 (2005).

Banks, W.B., Miller, R.R., “Chemical aspects of wood technology”, *Sweden, Forest Products Journal*, 34: 45-67 (1982).

Bergin, E.G., “Defaillances Des Joints Colles, Leur causs, Leur prevention”, *F du Ministere Ottawa Publication*, 1184 (16) :145-147 (1967).

Berkel, A., “Ağaç Malzeme Bükme Tekniği ve Kullanış Yerleri”, *İ.Ü. Orman Fak. Dergisi*, 13(1):124-127 (1963).

Berkel, A., “Ağaç Malzeme Teknolojisi”, *İ.Ü.*, İstanbul, 1(147) :39- 43 (1970).

Bozkurt, A.Y., Erdin, N., “Odun Anatomisi”, *İ.Ü. Orman Fak.*, Dilek Matbaası, İstanbul, 466 :360 (2000).

Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin, N., “Odun Anatomisi”, *İ.Ü. Rektörlüğü*, 4263:45-49 (2000).

Bozkurt, Y., Göker, Y., “Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi”, *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*, İstanbul, 3445 :34-35 (1987).

Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., “Emprenye Tekniği”, *İ.Ü.Orman Fak. Yayınları*, İstanbul, 3779 (425) :125 (1993).

Bravery, A.F., Dobbs, A.J., Laidlaw, R.A., Miller, E.R., “Research in wood protection”, *Wood preserving Association*, 45 : 3-11 (1981).

Bryan, H.R., “Outdoor aging of wood based panels and corelation with laboratory aging”, *Forest Product Society* :87-89 (1994).

BS EN 205, “Test Methods for Wood Adhesive for non, Structural Applications-Determination of Tensile Shear Strenght of Lap Joints”, *British Standards*, England, 11-13 (1991).

Cassens, D., Feist, W., “Exterior wood in South, Selections Applications and Finishes”, *FPLGTR- 9.USA*, 43-44 (1991).

Chung, Y., “Glueability of southern pine early and late wood”, *Forest Products Journal*, USA, 18(2) :45-58 (1968).

Corey, A.E., Draghetti, P.M., Frantl, J., “Polyvinil Acetate Emulsions and Polyvinil Alcohol for Adhesives”, *Mosanto Campany*, Springfield, Massachusetts, 465-483 (1977).

Çolak, S., Aydın, İ., Demürkır, C., Çolakoğlu, G., “Some Technological Properties of Laminated Veneer Lumber Manufactured from Pine (*Pinus sylvestris* L.) Veneers with Melamine Added UF Resins”, *K.T.U., Faculty of Forestry, Forest Industry Engineering Section*, Trabzon, 43-45 (2005).

Çolakoğlu, G., “Wood Adhesives”, *K.T.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği*, Lisansüstü Ders Notu, 32-58 (1998).

Demetçi, E.Y., “Önemli Bazı Ağaç Türlerinin Polivinilasetat ve Epoksi Tutkalları ile Yapışma Özellikleri Üzerine Araştırmalar”, Doktora Tezi, **İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 67-68 (1991).

Derbyshire, H., Miller, E.R., “The Photodegradation of wood during solar irradiation”, **Holz als-Roh Und Werkstoff**, 39: 347-350 (1981).

Dilik, T., “Lamine Ağaç Malzemedden Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, **İ.Ü., Fen Bil. Ens.**, İstanbul, 14-23 (1997).

Duran, V., “Ağaç Malzemede Rendeleme Faktörlerinin Yüzey pürüzlülüğüne etkileri”, Bilim Uzmanlığı Tezi, **Z.K.Ü. Fen Bil. Ens.**, Karabük, 67-68 (2005).

Erin, L., Pawlak, A., Zenon, Owen, N.L., Feist, W.C., “Infrared Studies of Wood Weathering Part I: Softwoods”, **Department of Chemistry, Brigham Young University**, Provo, Utah 84602 (E.L.A., Z.P., N.L.O.); and Forest Products Laboratory, U.S. Department of Agriculture, Madison, Wisconsin 53705 (W.C.F.) 431-438 (1998).

Eroğlu, H., Usta, M., “Lif Levha Üretim Teknolojisi”, **K.T.Ü. Orman Fakültesi**, 200(30), Trabzon, 50-250 (2000).

Eroğlu, H., “Liflevha Endüstrisi Ders Notları”, **K.T.Ü. Orman Fakültesi**, Trabzon, 304 (1988).

Evans, P.D., Owen, N.L., Schmid, S., Webster, R.D., “Weathering and photostability of benzoylated wood”, **Polymer Degradation and Stability**, 76: 291-303 (2002).

Feist, W., “Weathering and protection of wood”, **American Wood-Preserves Association**, 341-355 (1983).

Feist, W.C., “Protection of wood surfaces with chromium trioxide”, **Forest Products Laboratory, Research Paper FPL 339**, Madison, Wis, 19-20 (1979).

Feist, W.C., “Weathering performance of finishing wood pretreated water repellent preservatives”, **Forest Products Journal**, 40(3) :21-22 (1990).

Feist, W.C., Hon, D.N.S., “Chemistry of weathering and protection in the chemistry of solid wood”, **American Chemical Society**, 401-454 (1984).

Feist, W.C., Williams, R.S., “Weathering durability of chromium-treated southern pine”, **Forest Products J**, 41: 8-14 (1991).

Fengel, D., Wegener, G., “Wood Chemistry”, **Ultrastructure, Reactions, Walter de Gruyter**, Berlin, New York, 456-470 (1984).

Findlay, W.P.K., “*Preservation of Timber In The Tropics*”, **Martinus Nijhoof/DR W.Junk Publishers**, Dordrecht, Netherlands ISBN 90-247-3112-7 :45-55 (1985)

Franklin Glue Comp., “Adhesive Trouble Shooting”, **Colombus**, USA, 78-80 (1989).

Grelier, S., Castellan, A., Kamdem, D.P., “Hotoprotection of copper-amine treated pine”, **Wood and Fiber Science**, 32 (2): 196-202 (2000).

Hafızoğlu, H., Yalınkılıç, M.K., Yıldız, Ü.C., Baysal, E., Demirci, Z., Peker, H., “Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları”, **TÜBİTAK Projesi**, TOAG-875, 377 (1994).

Hon, D.N., “Weathering reactions and protection of wood surfaces”, **Journal of Applied Polymer Science**, 37 :845-864 (1983).

Huş, S., “Ağaç Malzeme Tutkalları”, **İ.Ü. Orman Fakültesi**, İstanbul, 2337(242):7-39 (1977).

Huş, Ş., “Ahşap Yapıştırıcılar”, **İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları** , İstanbul, 54-65 (1977).

Internet:“Ankara 1975-2007 meteorolojik veriler”,
<http://www.meteor.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=Ankara> (2008).

İşmal, E.Ö., “UV Isınlarının Zararlı Etkilerinden Yüksek Performanslı Tekstiller Yardımıyla Korunma Olanakları”, **Tekstil Maraton**, 2 :70-80 (2002).

Jürgen, S., Martin A., “Actual reserch projects on weathering of wood and protection”, **Materials and systems for civil engineering**, EMPA Activities,:48-51 (2002).

Kalaycıoğlu, H., “Sahil Çamı Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkanları”, Doktora Tezi, **K.T.Ü. Fen Bil.Ens.**, Trabzon, 48-52 (1991).

Kalaycıoğlu, H., “Odun Levha Ürünleri Ders Notları”, **K.T.Ü. Orman Fakültesi**, Trabzon, 69: 2-11 (2003).

Kaygın, B.,”Ahşap Tekne Yapımında Kullanılan Ağaç Türlerinin Diri ve Öz Odunlarının Yapışma Dirençlerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Z.K.Ü. Fen Bil. Ens.**, Zonguldak, 101-103 (2002).

Keskin, H., “Lamine Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları”, Doktora Tezi, **G.Ü., Fen Bil. Ens.**, Ankara, 38-43 (2001).

Keskin, H., Atar, M., Kurt, R., “Lamine Edilmiş Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri”, *K.S.Ü Fen ve Mühendislik Dergisi*, Science and Engineering, 6(1):567-571 (2003).

Keskin, H., “Lamine Edilmiş Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lipsky) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri”, *Süleyman Demirel Üni. Orman Fakültesi Dergisi*, A(1): 139-151 (2003).

Kılıç, A., Hafizoğlu, H., “Açık Hava Koşullarının Ağaç Malzemenin Kimyasal Yapısında Meydana Getirdiği Değişmeler ve Alınacak Önlemler”, *Süleyman Demirel Üni. Orman Fak.Dergisi*, A(2):175-183 (2007).

Kılıç,Y., “ Lamine Edilmiş Kızılağaç(*Alnus Glutinosa*)’ın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ile Mobilya Endüstrisinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *H.Ü.Fen Bil. Ens.*, Ankara, 78-79 (1997).

Kropf, F.W., Sell, J., Feist, W., “Comparative weathering tests of North American and European exterior wood finishes”, *Forest Products Journal*, 44(10) :33-41 (1994).

Kurt, S., “Emprenye Edilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Deniz Ortamında Bazı Teknolojik Özelliklerinin Değişimi”, Doktora Tezi, *Z.K.Ü. Fen Bil. Ens.*, Bartın, 33-35 (2006).

Kurtoğlu, A., “Ağaç Malzeme Yüzey işlemleri, Genel Bilgiler”, *İ.Ü. Orman Fak. Orman End. Müh. Böl.*, İstanbul, I:31-32 (2000).

Kurtoğlu, A., “Ağaç Malzemenin Kimyasal Olmayan Yolla Korunması Olanakları”, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, İstanbul, Seri B, 4(34):27-29 (1984).

Lange, P., Kreek, A., Linden, A., Coenjaarts, N., “Weathering of wood and protection by chromium studied by XPS”, *Surface and Interface Analysis*, 19:397-402 (1992).

Laufenberg,T., “ Exposure Effect Upon Performance of Laminated Veneer Lumber and Glulam Materials”, *Forest Product Journal*, 35-45 (1982).

Liu, R., “The Influence of didecyldimethylammonium chloride treatment on wood weathering”, Ph.D. Thesis, *The Univ. of British Colombia*, Canada, 77-79 (1997).

Liu, R., Ruddick, J.N.R., Jin, L., “The Influence of copper (II) chemicals on the weathering of treated wood: Part I. ACQ treatment of wood on weathering”, *International Research Group on Wood Preservation*, IRG/WP 94-30040, Bali, Indonesia, 345-355 (1994).

Malkoçoğlu, A., “Doğu kayını Odununu Teknolojik Özellikleri”, Doktora Tezi, *K.T.Ü. Fen Bil. Ens.*, Trabzon, 152-153 (1994).

Mallon, P.E., Li, Y., Zhang, R., Chen, H., Wu, Y., Sandreczki, T.C., Jean, Y.C., Suzuki, R., Ohdaira, T., “Durability of Polymeric Coatings Effects of Natural And Artificial Weathering”, *Applied Surface Science*, 194 :176-181 (2002).

Maninal, S., ”Amino Resin Adhesives”, *Consultantskeist Laboratories Inc.*, Livingston, New Jersey, 101-122 (1977).

Miles, J., Elliot, G.K., “Development under discussion”, *Timber Trades Journal*, 319: 22-23 (1981).

Miller, E.R., “Exterior wood stains“, *Wood Science and Technology*, 26: 6-8 (1980).

Yılmaz, M.,” Bazı Ahşap Tutkallarının Masif Ve Levhalarda Yapışma Performanslarının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bil. Ens.*, Ankara, 32-35 (2006).

Müller, U., Rätzsch, M., Schwanninger, M., Steiner, M., Zöbl, H., “Yellowing and IR-changes of Spruce wood as result of UV-irradiation”, *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 69 :97-105 (2003).

Nemli, G., “Sentetik Laminat Endüstrisi”, *K.T.Ü Orman Fakültesi Yayınları*, Ders Teksirleri Serisi, Trabzon, 71:91-111 (2003).

Okcu, O.,”Emprenye Edilmiş Lamine Ağaç Malzemenin Yapışma ve Yanma Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Z.K.Ü. Fen Bil. Ens.*, Zonguldak, 87-88 (2006).

Örs, Y., Keskin, H., “Ağaç Malzeme Bilgisi”, G.Ü., *KOSGEB*, Ankara, 34-45 (2000).

Örs, Y., Sönmez, A., Uysal, B., “Ağaç Malzemenin Yanmaya Dayanıklılığını Etkileyen Emprenye Maddeleri”, *Tr. J. of Agriculture and Forestry* , 23(2): 389-394 (1999).

Örs, Y., Keskin, H.,“Ağaç Malzeme Bilgisi”, I. Baskı, ısbın:975-6574-01-1, *Atlas Yayın Dağıtım*, İstanbul, 33-34 (2001).

Özçifçi, A., Uysal, B., Yapıcı, F., Kurt, Ş., “Farklı Tutkal Türlerinin Lamine Ağaç malzemenin (Lvl) Su Buharı Etkisindeki Boyutsal Stabilizasyonuna Etkisi”, *Teknoloji*, 10(3) :177-187 (2007).

Özçifçi, A., Özen, R., Altınok, M., “Determine of Strength Join of Polimarin Adhesive in Boiling, Cold and Hot Water Conditions of Wooden Material”, *Dünya Ormancılık Kongresi*, Antalya, 45-46 (1997).

Özen, R., “Kimyasal Kağıt Hamuru Atık Sularının Yongalevha Üretiminde Yapıştırıcı Madde Olarak Değerlendirilmesi Olanakları”, *K.T.Ü. Basımevi*, Trabzon, 72-73 (1981).

Pandey, K.K., Pitman, A.J., "Weathering characteristics of modified Rubberwood (*Hevea brasiliensis*)", *Journal of Applied Polymer Science*, 85:622-631 (2002).

Pastore, T.C.M., Santos, K.O., Rubim, A.J.C., "Spectrocolorimetric study on the effect of ultraviolet irradiation of four tropical hardwoods", *Bioresource Technology*, 93: 37-42 (2004).

Pizzi, A., "Advanced Wood Adhesives Technology", *Marcel Dekker*, New York, 10-120 (1994).

Chow, P., Bajwa, D.S., "Weathering Effects on The Decay Resistance of Creosote-Treated Oak", *American Wood Preservers Association*, 211-214 (1997).

Beceren, R., "Mimaride Ahşap", *Güney Marmara Mimarlık Dergisi*, Bursa Mimarlar Odası Yayınları, Bursa, 35 :12-14 (2000).

Raczkowski, J., "Seasonal effects on the atmospheric corrosion of spruce micro sections", *Holz als-Roh Und Werkstoff*, 38: 231-234 (1980).

Rowell, R.M., "Treatments that enhance physical properties of wood", *U.S. Dept. Of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory*, Gen. Tech. Report FPL-50 :57-58 (1987).

Rowell, R.M., Banks, W.B., "Water Repellency and Dimensional Stability of Wood", *U.S.D.A. Forest Prod. Lab.*, Gen. Tech. Report FPL-50, Madison, Wis., 123-127 (1985).

Selbo, M.L., "Adhesive Bonding of Wood", *Dep.Agr.Tecnical Bulletin*, Washington, 1(3):61 (1975).

Shen, J., "Development of Urea-formaldehyde Adhesive", *North-China Engineering Institute, Journal Ca Section*, Taiyvan, 37 (1977).

Sönmez, A., "Üst yüzey işlemlerine hazırlık", *G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları*, Ankara, 25 (2002).

Stevens, W.C., Turner, N., "Wood Bending Handbook", *London England*, 148 (1970).

Sudiyani, Y., Ryu, J.Y., Hattori, N., Imamura, Y., "Phenolic resin treatment of wood for improving weathering properties. High Performance Utilization of Wood for Outdoor Uses", *Report on Research Project, Grant-in-Aid for Scientific Research*, Kyoto University, Japan, 85-96 (2001).

Sudiyani, Y., Tsujiyama, S., Imamura, Y., Takahashi, M., Minato, K., Kajita, H., "Chemical characteristics of surfaces of hardwood and softwood deteriorated by weathering", *J. Wood Sci.*, 45 :348-353 (1999).

Şenay, A., “Lamine Edilmiş Ağaç Malzemenin Teknolojik Özellikleri”, Doktora Tezi, **İ.Ü. Fen Bil. Ens.**, İstanbul, 63-67 (1996).

Tank, T., “Tutkallar ve Tutkallama Tekniği”, **İ.Ü.Orman Fakültesi, Yüksek Lisans Ders Notu**, İstanbul, 29-25 (1995).

Taşkın, O., ”Anadolu Kestanesi (*Castanae sativa Mill.*) Anadolu’da Yok Oluyor”, **Orman Müh. Dergisi**, 22 :21-24 (1983).

Temiz, A., “Bezetilmiş Dış Hava Koşullarının Emprenyeli Ağaç Malzemeye Etkileri”, Doktora Tezi, **K.T.Ü Fen Bilimleri**, Trabzon, 12-125 (2005).

TS 2472, “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini”, **TSE Standardı**, Ankara, 1-12 (1976).

TS 4084, “Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini”, **TSE Standardı**, Ankara, 1-5 (1983).

TS EN 1310, “Yuvarlak ve Biçilmiş Yapacak Odun (Kereste)- Özellikleri Ölçme Metotları”, **TSE Standartları**, Ankara, 1-12 (2001).

TS EN 205, “Yapıştırıcılar -Yapısal Olmayan Uygulamalar İçin Ahşap Yapıştırıcılar – Bindirmeyele Yapıştırılmış Eklerin Çekmeyle Kayma Mukavemetinin Tayini”, **TSE Standartları**, Ankara, 1-7 (2004).

TS EN 386, “Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim Şartları”, **TSE Standardı**, Ankara, 1-14 (2006).

Shell, J., Feist, W.C., “[U.S. and European finishes for weather-exposed wood--A comparison](#)”, **Forest Prod. J.**, 36(4) :37-41 (1986).

Uysal, B., Kurt, S., “Yanmayı Geciktirici Bor içerikli Emprenye Maddelerinin Ahşap Malzemenin Yapışma Direncine Etkisi”, **I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı**, Ankara, 43 (2005).

Uysal, B., “Ağaç Malzeme Ders Notları”, **Z.K.Ü.Karabük Teknik Eğitim Fakültesi**, Karabük, 43 (2005).

Uysal, B., Kurt, Ş., “Farklı Tutkallarla Üretilen Lamina Kaplama Elemanların Buhar Deneyi Sonrası Boyutsal Kararlılığı”, **G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi**, 18(4) :681-691 (2005).

Üretici Firma Dökümantasyonu, Kleiberit “303 katoloğu”, **Kleiberit** , Ankara, 23-34 (2004).

Var, A., “Ahşap Malzemede Su Alımının Parafin Vaks / Bezir Yağı Karışımıyla Azaltılması”, *S.Ü. Orman Fak. Dergisi*, A(2): 97-110 (2001).

Vurdu, H., “Wood: as Meterial”, *ODTÜ, Lecture Outline for Biology*, Ankara, 260 (1985).

Williams, R.S., “Handbook of wood chemistry and wood composites”, *CRC Pres*, 452-455 (2005).

Williams, R.S., Feist, W., “Selection and application of exterior stains for wood”, *Tech.Rep. FPLGTR- 106*, Madison, 67-69 (1999).

William, C., Williams, F., Sam, R., “Weathering durability of chromium-treated southern pine”, *Forest Products Research Society Forest Prod. J.*, 41(1):8-14 (1991).

Williams, R.S., “Acid effects on accelerated wood weathering”, *Forest Products Journal*, 37:37-38 (1987).

Wolf, R., Moody, R.C., “Bending Strenght of Vertically Glued Laminated Beams”, *Forest Products Journal*, USA, 33(5) :78-79 (1979).

Yalınkılıç, M.K., Peker, H., Demirci, Z., Baysal, E., Sudiyani, Y., “Outdoor performance of some coating system of wood in Eastern Black Sea of Turkey”, *XI. Dünya Ormancılık Kongresi, Bildiri Özetleri Kitabı*, Antalya, 4 :46 (1997).

Yalınkılıç, M.K., İlhan, R., Imamura, Y., Takahashi, T., Demirci, M.Z., Yalinkilic, A.C., Peker, H., “Weathering durability of CCB-impregnated wood for clear varnish coatings”, *J. Wood. Sci.*, 45: 502-514 (1999).

Yaltırık, F., “Dendoroloji I, 2410”, *İ.Ü. Orman Fakültesi*, İstanbul, 165-168 (1988).

Yazıcı, H., “Açık Hava Koşullarının Odun Dayanımına Etkisi”, *Z.K.Ü Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7(8) :23-25 (2005).

Yıldırım, Ş.,”Mayoluk Kumaşlarda Uv-Absorblayıcılarının Uv Geçirgenliğinde, Koruma Faktörlerine, Hava Geçirgenliğine, Isı Geçirgenliğine Ve Diğer Kumaş Özelliklerine Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *M.Ü. Fen Bil. Ens.*, 45-48 (2006).

Yıldız, Ü.C., “Çeşitli Ağaç Türlerinde Su Alımı ve Çalışmanın Azaltılması”, Yüksek Lisans Tezi, *K.T.Ü. Fen. Bil. Ens.*, Trabzon, 28-35 (1988).

Yılmaz, M., “Bazı Ahşap Tutkallarının Masif Ve Levhalarda Yapışma Performanslarının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen. Bil. Ens.*, Ankara, 32-33 (2006).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DORUK Şemsettin
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 10.03.1969 Eyüp/İstanbul
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 2028827
 Faks : 0 (312)
 e-mail : sdoruk@gazi.edu.tr.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Dumlupınar Üni. /Mob. ve Dek.	1997
Lisans	Hacettepe Üni./ Ağaçışleri End. Müh.	1993
Lise	Karabük Demir çelik lisesi	1986

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2003-2009	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
1993-2003	Dumlupınar Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Şemsettin DORUK, Ali Rıza ARSLAN, Suat AYAN” Tutkal Hattına Katılan Sodyumboratin Yapışma Direncine Etkisi”,5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye
- *Ali Rıza ARSLAN, Semsettin DORUK, Suat AYAN,”Tutkal Hattına Katılan Sodyumborat Çözeltilisinde Bazı Ağaç Türlerinin Yanma Direncinin Belirlenmesi ”*,5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye

Hobiler

Tenis, Bilgisayar teknolojileri, Basketbol