



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAT VE TEKNE MOBİLYALARINDA KULLANILAN BAZI AĞAÇ
TÜRLERİNE UYGULANAN TERMAL MODİFİKASYON VE UV
YAŞLANDIRMA İŞLEMLERİNİN VERNİK KATMAN PERFORMANSLARI
ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

GÖKSEL ULAY

**DOKTORA TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. NEVZAT ÇAKICIER**

DÜZCE, 2018

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAT VE TEKNE MOBİLYALARINDA KULLANILAN BAZI AĞAÇ
TÜRLERİNE UYGULANAN TERMAL MODİFİKASYON VE UV
YAŞLANDIRMA İŞLEMLERİNİN VERNİK KATMAN
PERFORMANSLARI ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

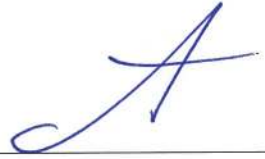
Göksel ULAY tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Nevzat ÇAKICIER
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Nevzat ÇAKICIER
Düzce Üniversitesi



Prof. Dr. Bülent KAYGIN
Bartın Üniversitesi



Doç. Dr. Derya SEVİM KORKUT
Düzce Üniversitesi



Prof. Dr. Ahmet KURTOĞLU
Doğuş Üniversitesi



Prof. Dr. Cengiz GÜLER
Düzce Üniversitesi



Tez Savunma Tarihi: 16/11/2018

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

16 Kasım 2018

Göksel ULAY

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı değerli hocam Doç. Dr. Nevzat ÇAKICIER'e en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen tez izleme komitesinde yer alan hocalarım Prof. Dr. Bülent KAYGIN ile Doç. Dr. Derya SEVİM KORKUT'a ve tez jürisinde yer alan hocalarım Prof. Dr. Ahmet KURTOĞLU ve Prof. Dr. Cengiz GÜLER'e şükranlarımı sunarım. Ayrıca bu süreçte tavsiyeleri ve imkânları ile çalışmama katkı sunan Prof. Dr. Süleyman KORKUT'a, Prof. Dr. Öner ÜNSAL'a, Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI'ya, Doç. Dr. Ayhan AYTİN'e, Dr. Levent GÜRLEYEN'e, Dr. Öğr. Üyesi Yıldırım DEMİR'e ve eğitim hayatımda bugüne kadar emeği olan tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamın uygulama kısmında katkı sunan işletmelerden, Dual Boya firması yöneticisi Sayın Mete AKTER'e, Kayalar Orman Ürünleri firması yöneticisi Sayın Süleyman KAYA'ya, Orsan Entegre firmasının değerli yöneticilerinden Okan GÜREL'e, Mercanlar Kereste Firmasından Rasim MERCAN'a, Novawood A.Ş yetkililerinden İlhan ÇÖL'e ve Cimşit KARAMAN'a, Septemar Yatçılık Şirketinin yöneticisi Korkut SEÇKİN'e, Tekniker Hilmi GÜREL'e ve emektar arkadaşlarım Şenol YAMAÇ ile Abdullah AYAZ başta olmak üzere tez çalışmam sürecinde katkılarını esirgemeyen tüm çalışma arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışmalarım boyunca fedakârlıklarını gösteren canım eşim Gül ULAY'a ve tatlı oğlum Görkem ULAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2016-02-03-415.(HD) numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ	IX
KISALTMALAR.....	XXIII
SIMGELER.....	XXV
ÖZET	XXVII
ABSTRACT	XXVIII
EXTENDED ABSTRACT	XXIX
1. GİRİŞ	1
1.1. TÜRKİYE YAT VE TEKNE İMALAT SANAYİ.....	4
1.1.1. Mega Yat ve Tekne İmalatının Mevcut Durumu ve Geleceği	6
1.1.2. Yat ve Tekne Mobilyası İmalatında Ahşap ve Kompozit Malzeme Kullanımı	7
1.1.3. Marine Sektöründe Ahşap ve Ahşap Kompozitlerde Yüzey Koruma Sistemleri	10
1.2. AĞAÇ MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ	10
1.2.1. Ağaç Malzemenin Anatomik Yapısı.....	12
1.2.2. Ağaç Malzemenin Rutubeti.....	13
1.2.3. Ağaç Malzemenin Kimyasal Yapısı	13
1.3. AĞAÇ MALZEMEDE YÜZEY İŞLEMLERİ	14
1.3.1. Ağaç Malzemenin Yüzey İşlemlerine Hazırlanması	14
1.3.2. Yüzey İşlemlerinin Türü ve Seçimi	15
1.3.3. Vernik Sistemleri	17
1.3.3.1. Akrilik Sistem	19
1.3.3.2. Poliüretan Sistem	20
1.3.3.3. Su Bazlı (Çözücülü) Sistemler.....	21
1.3.4. Koruyucu Katmanın Servis Ömrü ve Performansı.....	24
1.4. YAŞLANDIRMANIN KORUYUCU KATMAN ÜZERİNE ETKİSİ	25
1.4.1. Doğal Dış Ortamda Ağaç Malzemenin Maruz Kaldığı Etkiler	26

1.4.1.1. Güneş Işığının Etkisi (UV).....	26
1.4.1.2. Rutubet (Nem).....	27
1.4.1.3. Sıcak ve Soğuk Etkisi.....	28
1.4.1.4. Asit Yağmurları Etkisi ve Hava Kirliliği	28
1.4.1.5. Diğer Etkiler	28
1.4.2. Doğal Dış Ortam Yaşlandırma Testleri	29
1.4.3. Yapay (Hızlandırılmış) Yaşlandırma (Laboratuvar Ortamında)	32
1.4.3.1. Florasan Lamba (UV) ile Yaşlandırma Uygulamaları	33
1.4.3.2. Xenon Arc Lamba ile Hızlandırılmış Yaşlandırma Uygulamaları	35
1.4.3.3. Termal (Isıl) İşlemlerle Hızlandırılmış Yaşlandırma Uygulamaları	37
1.5. ISIL İŞLEM	37
1.5.1. Isıl İşlem Hakkında Genel Bilgiler	38
1.5.2. Isıl İşlem Metotları	40
1.5.2.1. Türkiye’de ThermoWood Uygulamaları ve Altyapısı	43
1.5.2.2. Isıl İşlemin Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi	46
1.5.2.3. Isıl İşlemin Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi	47
1.5.2.4. Isıl İşlemin Yaşlanma ve UV Direnci Üzerine Etkisi	47
1.5.2.5. Isıl İşlemin Yüzey İşlemleri ve Boyanma Özellikleri Üzerine Etkisi	48
1.5.3. Isıl İşlem Görmüş Ağaç Malzemenin Kullanım Alanları ve Gelişimi..	48
1.5.3.1. Isıl İşlemlili Ağaç Malzemenin Tercih Edilme Sebepleri	49
1.5.4. Isıl İşlem Uygulanan Ağaç Malzeme Türleri	50
1.5.4.1. Dişbudak (<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.) Odununun Özellikleri.....	50
1.5.4.2. Iroko (<i>Chlorophora excelsa</i>) Odununun Özellikleri	52
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	55
2.1. MATERYAL.....	55
2.1.1. Araştırmada Kullanılan Ağaç Malzemeler.....	55
2.1.2. Odun Örneklerinin Elde Edilmesi	55
2.1.3. Kullanılan Verniklere Ait Teknik Özellikler.....	56
2.2. YÖNTEM.....	56
2.2.1. Isıl İşlem Uygulaması.....	56
2.2.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması	57
2.2.3. Verniklerin Hazırlanması ve Uygulanması	58
2.2.3.1. Su Bazlı Astar Vernik Uygulaması.....	58

2.2.3.2. Su Bazlı Tek Bileşenli Vernik (ST) Uygulaması.....	59
2.2.3.3. Su Bazlı Çift Bileşenli Vernik (SÇ) Uygulaması.....	60
2.2.3.4. Akrilik Çift Bileşenli Vernik (AK) Uygulaması.....	60
2.2.3.5. Poliüretan Çift Bileşenli Vernik (PU) Uygulaması.....	61
2.2.4.UVHızlandırılmış Yaşlandırma Öncesi Deney Örneklerinin Hazırlanması	61
2.2.5. UV Hızlandırılmış Yaşlandırma Uygulaması	62
2.3. DENEME YÖNTEMLERİ.....	62
2.3.1. Ağaç Malzemelerin Hava Kuru Yoğunluk Değerleri Tayini.....	62
2.3.2. Vernikler İçin Katı Madde Oranlarının Belirlenmesi.....	63
2.3.3. Astar Vernik Retensiyon Oranlarının Belirlenmesi	64
2.3.4. Kuru Film Kalınlığının Belirlenmesi	65
2.3.5. Renk Farkının Belirlenmesi	66
2.3.6. Yüzey Parlaklık Değerinin Belirlenmesi.....	67
2.3.7. Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi	69
2.3.8. Salımsal Sertlik Değerinin Belirlenmesi	70
2.3.9. Yüzeye Yapışma Direnci Değerlerinin Belirlenmesi	72
2.4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	74
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	75
3.1. AĞAÇ MALZEME HAVA KURUSU YOĞUNLUK DEĞERİ	75
3.2. KULLANILAN VERNİK ÖZELLİKLERİ.....	75
3.2.1. Katı Madde Miktarları.....	75
3.2.2. Astar Vernik Retensiyon Oranlarının Belirlenmesi	76
3.2.3. Kuru Film Kalınlıkları	77
3.3. RENK DEĞİŞİMLERİ.....	77
3.3.1. Kırmızı Renk Tonu (a^*) Değerleri	77
3.3.2. Sarı Renk Tonu (b^*) Değerleri	92
3.3.3. Renk Parlaklık (L^*) Değerleri.....	107
3.3.4. Toplam Renk Değişimi (ΔE^*) Değerleri	122
3.4. PARLAKLIK ÖLÇÜMLERİ.....	136
3.4.1. Liflere Paralel Yönde Parlaklık (60°) Ölçüm Değerleri	136
3.4.2. Liflere Dik Yönde Parlaklık Ölçümü Değerleri	151
3.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	165

3.5.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümüne Ait R_a^* Değerleri	165
3.5.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümlerine Ait R_q^* Değerleri.....	181
3.5.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümlerine Ait R_z^* Değerleri	195
3.6. SALINIMSAL SERTLİK DEĞERİ.....	208
3.6.1. Salımsal Sertlik Ölçümlerine Ait Değerler	208
3.7. YÜZEYE YAPIŞMA DİRENCİ DEĞERİ	224
3.7.1. Yüzeye Yapışma Direnci (Adezyon) Ölçümlerine Ait Değerler	224
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	240
4.1. RENK DEĞİŞİMİ DEĞERLERİNE AİT SONUÇLAR.....	241
4.1.1. Kırmızı Renk Değerine (a^*) Ait Sonuçlar.....	241
4.1.2. Sarı Renk Değerine (b^*) Ait Sonuçlar	242
4.1.3. Renk Parlaklık Değerlerine (L^*) Ait Sonuçlar	243
4.1.4. Toplam Renk Değişim Değerlerine (ΔE^*) Ait Sonuçlar	245
4.2. PARLAKLIK DEĞERLERİNE AİT SONUÇLAR	246
4.2.1. Liflere Paralel Yönde Parlaklık (60°) Ölçümüne Ait Sonuçlar	246
4.2.2. Liflere Dik Yönde Parlaklık Ölçümlerine Ait Sonuçlar	248
4.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜMLERİNE AİT SONUÇLAR.....	249
4.4. SALINMSAL SERTLİK ÖLÇÜMLERİNE AİT SONUÇLAR	250
4.5. YÜZEYE YAPIŞMA DİRENCİ ÖLÇÜMLERİNE AİT SONUÇLAR.....	253
4.6. ÖNERİLER.....	254
5. KAYNAKLAR.....	259
6. EKLER.....	273
6.1. EK-1: YAŞLANDIRILMIŞ DENEY ÖRNEK FOTOĞRAFLARI	273
ÖZGEÇMİŞ.....	276

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. 2017 yılı dünya 24 metre üzeri mega yat sipariş sıralaması.	5
Şekil 1.2. Üretim maliyetlerinin dağılımı	7
Şekil 1.3. Odun yapısı ve bileşenleri	14
Şekil 1.4. Vernik ve boya sistemi	17
Şekil 1.5. Organik yüzey kaplama katmanlarının görünüm özellikleri	24
Şekil 1.6. Ahşap ve koruyucu sistem yaşlandırmalarında etkili olan faktörler.	26
Şekil 1.7. Siyah kutu yaşlandırma platformu üzerine sıcaklık etkisi	29
Şekil 1.8. Dış ortamda güneş ışınının ayna ile parça üzerine yansması.	30
Şekil 1.9. Dış ortamda Güney yönünde farklı açılarda yerleştirilen raflar	31
Şekil 1.10. UV-A ve UV-B florasan lambaların ışık dalga boyları.	32
Şekil 1.11. QUV ve xenon arc yaşlandırma test cihazları.	33
Şekil 1.12. Güneş ışığı spektrumu	34
Şekil 1.13. Xenon arc lambası ile Miami'deki güneş ışının karşılaştırılması.....	36
Şekil 1.14. Farklı yaşlandırma lambalarının yoğunluk şiddeti	36
Şekil 1.15. Isıl işlem uygulanan ağaç malzemenin reaksiyon mekanizması	39
Şekil 1.16. Ağaç malzemenin ısıl işleminde hücre çeper ana bileşenleri ile ekstraktif maddelerinde meydana gelen değişim	39
Şekil 1.17. ThermoWood'lu ahşap üretiminde zaman sıcaklık ilişkisi	42
Şekil 1.18. ThermoWood yöntemine göre ısıl işlemin şematik görünümü	43
Şekil 1.19. Termowood'lu ahşap üretim tesisi	44
Şekil 1.20. ThermoWood'lu ahşap kullanım alanları	44
Şekil 1.21. ThermoWood'lu ahşap kullanım alanı.....	44
Şekil 1.22. Naswood firması ThermoWood'lu ahşap üretimi	45
Şekil 1.23. Termal modifikasyonun ahşap üzerindeki etkisi	46
Şekil 1.24. Dişbudak, a) enine kesit b) teğet kesit c) radyal kesit.....	51
Şekil 1.25. Iroko, a) enine kesit, b) teğet kesit, c) radyal kesit.	53
Şekil 2.1. Isıl işlemi tamamlanmış ağaç malzemeler	57
Şekil 2.2. Isıl işlemi tamamlanmış ağaç malzemelerin kesilmesi	57
Şekil 2.3. Ağaç malzemelerin deney ölçülerine getirilmesi	58
Şekil 2.4. Deney örneklerinin kalibre makinesinde zımparalanması.	58
Şekil 2.5. Su bazlı UV koruyucu astar vernik uygulanması.	59
Şekil 2.6. PosiTector 200 kuru film katman kalınlığı ölçüm cihazı.....	65
Şekil 2.7. PosiTector 200 cihazı ile kuru film kalınlığı ölçümü.	65
Şekil 2.8. Renk ölçüm cihazı ile renk ölçümü	66
Şekil 2.9. Üç boyutlu CIE L* a* b* renk bölgeleri.....	67
Şekil 2.10. Üç farklı açıda parlaklık ölçümü	68
Şekil 2.11. Parlaklık düzeyinin sınıflandırması	68
Şekil 2.12. Parlaklık ölçüm cihazı.....	68
Şekil 2.13. Mitutoyo surfest SJ-301 pürüzlülük cihazı görünümü	69
Şekil 2.14. Mitutoyo surfest SJ-301 cihazı ile pürüzlülük ölçümü	70
Şekil 2.15. Köning pandüllü salınımsal sertlik ölçüm test cihazı	71
Şekil 2.16. Sertlik cihazı salınım ünitesi ve numune	71

Şekil 2.17. PosiTest AT-A adezyon test cihazı ve ekipmanı.....	72
Şekil 2.18. Epoksi esaslı yapıştırıcı ve dolly hazırlanması.....	72
Şekil 2.19. Deney parçalarına kalıp yardımıyla dolly yapıştırılması	73
Şekil 2.20. Deney örneklerinin çekme işlemi için hazırlanması.....	73
Şekil 2.21. Çekme işlemi sonrası dolly görünümü	73
Şekil 3.1. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait ortalama kırmızı renk değerlerinin (a^*) karşılaştırılması.....	80
Şekil 3.2. Ağaç türü - ısıtma işlemi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.....	82
Şekil 3.3. Ağaç türü - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin karşılaştırılması	83
Şekil 3.4. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması	84
Şekil 3.5. Isıtma işlemi - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.....	85
Şekil 3.6. Isıtma işlemi - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.....	85
Şekil 3.7. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.....	86
Şekil 3.8. Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.....	87
Şekil 3.9. Ağaç türü - ısıtma işlemi - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.....	88
Şekil 3.10. Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.....	89
Şekil 3.11. Isıtma işlemi - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.....	90
Şekil 3.12. Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.....	92
Şekil 3.13. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait sarı renk değeri (b^*) karşılaştırılması.....	95
Şekil 3.14. Ağaç türü - ısıtma işlemi ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.....	97
Şekil 3.15. Ağaç türü - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.....	98
Şekil 3.16. Isıtma işlemi - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.....	99
Şekil 3.17. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.....	99
Şekil 3.18. Isıtma işlemi - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.....	100
Şekil 3.19. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.....	101
Şekil 3.20. Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait b^* değerinin (b^*) karşılaştırılması.....	102
Şekil 3.21. Ağaç türü, ısıtma işlemi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.....	103
Şekil 3.22. Ağaç türü, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.....	104

Şekil 3.23. Isıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.	105
Şekil 3.24. Isıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.	107
Şekil 3.25. Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörlerine ait L^* değerlerinin karşılaştırılması.	110
Şekil 3.26. Ağaç türü - ısıt işlem ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	112
Şekil 3.27. Ağaç türü - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	113
Şekil 3.28. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	114
Şekil 3.29. Isıl işlem - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	114
Şekil 3.30. Isıl işlem - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	115
Şekil 3.31. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	116
Şekil 3.32. Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	117
Şekil 3.33. Ağaç türü, ısıt işlem, yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	118
Şekil 3.34. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	119
Şekil 3.35. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	120
Şekil 3.36. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.	122
Şekil 3.37. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	125
Şekil 3.38. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait toplam renk farkı (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	127
Şekil 3.39. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	128
Şekil 3.40. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırması	128
Şekil 3.41. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	129
Şekil 3.42. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	129
Şekil 3.43. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	130
Şekil 3.44. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	131
Şekil 3.45. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	132
Şekil 3.46. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	132
Şekil 3.47. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	133

Şekil 3.48. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait toplam renk farkı (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.	134
Şekil 3.49. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması. .	136
Şekil 3.50. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun ortalama liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	139
Şekil 3.51. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	142
Şekil 3.52. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	143
Şekil 3.53. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	143
Şekil 3.54. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	144
Şekil 3.55. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	145
Şekil 3.56. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	146
Şekil 3.57. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerleri karşılaştırılması.	146
Şekil 3.58. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	147
Şekil 3.59. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	148
Şekil 3.60. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	149
Şekil 3.61. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	151
Şekil 3.62. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	154
Şekil 3.63. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	155
Şekil 3.64. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	156
Şekil 3.65. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	157
Şekil 3.66. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	157
Şekil 3.67. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	158
Şekil 3.68. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	159
Şekil 3.69. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	160
Şekil 3.70. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	161
Şekil 3.71. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	162
Şekil 3.72. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	163

Şekil 3.73. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.	165
Şekil 3.74. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerine ait yüzey pürüzlülük değerlerine (R_a^*) ait karşılaştırma sonuçları.	168
Şekil 3.75. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*).....	171
Şekil 3.76. Ağaç türü ve vernik çeşidi faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları.....	172
Şekil 3.77. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları.	173
Şekil 3.78. Isıt işlem ve vernik çeşidi faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları.....	174
Şekil 3.79. Isıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları.	174
Şekil 3.80. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları.	175
Şekil 3.81. Vernik çeşidi ve ısıt işlem faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları.....	176
Şekil 3.82. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları.	177
Şekil 3.83. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları. .	178
Şekil 3.84. Isıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları. .	179
Şekil 3.85. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin dörtlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları.....	181
Şekil 3.86. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.....	184
Şekil 3.87. Ağaç türü ve ısıt işlem faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.	185
Şekil 3.88. Ağaç türü ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük (R_q^*) değerleri karşılaştırma sonuçları.	186
Şekil 3.89. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.....	187
Şekil 3.90. Isıt işlem ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.	188
Şekil 3.91. Isıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.....	188
Şekil 3.92. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.....	189
Şekil 3.93. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi faktörleri üçlü etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.....	190
Şekil 3.94. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.....	191
Şekil 3.95. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.....	192
Şekil 3.96. Isıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.....	193

Şekil 3.97. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri dörtlü etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.	195
Şekil 3.98. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	198
Şekil 3.99. Ağaç türü ve ısıt işlem faktörleri ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	199
Şekil 3.100. Ağaç türü ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	200
Şekil 3.101. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	200
Şekil 3.102. Vernik çeşidi ve ısıt işlem faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	201
Şekil 3.103. Isıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	202
Şekil 3.104. Vernik çeşidi ve yaşlandırma faktörü faktörleri ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	203
Şekil 3.105. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	203
Şekil 3.106. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	204
Şekil 3.107. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	205
Şekil 3.108. Isıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	206
Şekil 3.109. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri dörtlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.	208
Şekil 3.110. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerine ait sertlik değeri (salınım sayısı) karşılaştırma sonuçları.	211
Şekil 3.111. Ağaç türü ve ısıt işlem faktörleri ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değeri karşılaştırma sonuçları.	214
Şekil 3.112. Ağaç türü ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değeri karşılaştırma sonuçları.	215
Şekil 3.113. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değeri karşılaştırma sonuçları.	216
Şekil 3.114. Isıt işlem ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.	217
Şekil 3.115. Isıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.	217
Şekil 3.116. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.	218
Şekil 3.117. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi faktörleri üçlü etkileşimine ait salınımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.	219
Şekil 3.118. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.	220
Şekil 3.119. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait salınımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.	221
Şekil 3.120. Isıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait salınımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.	222
Şekil 3.121. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri dörtlü etkileşimine ait salınımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.	224

Şekil 3.122. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.	227
Şekil 3.123. Ağaç türü ve ısıt işlem faktörleri ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.	230
Şekil 3.124. Ağaç türü ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.	231
Şekil 3.125. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.	232
Şekil 3.126. Isıt işlem ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.	232
Şekil 3.127. Isıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.	233
Şekil 3.128. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.	235
Şekil 3.129. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.	236
Şekil 3.130. Isıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.	237
Şekil 3.131. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri dörtlü etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.	239

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Süper yat inşasında yıllara göre ilk on ülke sıralaması	4
Çizelge 1.2. Türkiye geneli gemi ve yat ihracatı rakamları.....	5
Çizelge 1.3. Odun hücresindeki temel bileşenler.....	13
Çizelge 1.4. Su ve solvent bazlı vernik sistemlerinin birbirinden farkları	19
Çizelge 1.5. Su bazlı sistemlere verilen isimler ve yapıları.....	22
Çizelge 1.6. Avrupa’da kullanılan bazı ısıtım işlem metotları ve özellikleri	41
Çizelge 1.7. Thermo S sınıfı kerestenin kullanım alanları	42
Çizelge 1.8. Thermo D sınıfı kerestenin kullanım alanları.....	42
Çizelge 1.9. ThermoWood metodunun ağaç malzeme üzerine etkisi	45
Çizelge 1.10. Dişbudak odununun fiziksel ve mekanik özellikleri.....	52
Çizelge 1.11. Iroko odununun fiziksel ve mekanik özellikleri	53
Çizelge 2.1. Kullanılan verniklere ait teknik bilgiler	56
Çizelge 2.2. Su bazlı tek bileşenli (ST) vernik uygulaması.....	59
Çizelge 2.3. Su bazlı çift bileşenli (SÇ) vernik uygulaması.	60
Çizelge 2.4. Akrilik çift bileşenli (AK) vernik uygulaması.....	60
Çizelge 2.5. Poliüretan çift bileşenli (PU) vernik uygulaması.	61
Çizelge 3.1. Hava kurusu yoğunluk değerleri (gr/cm^3).....	75
Çizelge 3.2. Kullanılan verniklere ait katı madde miktarları.....	75
Çizelge 3.3. Su bazlı astarların retensiyon miktarları ve oranlarına ait değerler.	76
Çizelge 3.4. Vernik türlerine ait ortalama kuru film kalınlıkları (μm).....	77
Çizelge 3.5. Kırmızı renk tonu (a^*) ölçümlerine ait değerler.	78
Çizelge 3.6. Ağaç türü, ısıtım işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun kırmızı renk değerleri (a^*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	79
Çizelge 3.7. Kırmızı renk değeri (a^*) ölçümlerine ait ağaç türü, ısıtım işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	79
Çizelge 3.8. Ağaç türü - ısıtım işlem ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.	82
Çizelge 3.9. Ağaç türü - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.	83
Çizelge 3.10. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.	83
Çizelge 3.11. Isıtım işlem - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.	84
Çizelge 3.12. Isıtım işlem - yaşlandırma periyodu faktörü ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.	85
Çizelge 3.13. Vernik çeşidi - yaşlandırma faktörü ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.	86
Çizelge 3.14. Ağaç türü - ısıtım işlem - vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.	87
Çizelge 3.15. Ağaç türü - ısıtım işlem - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.	88

Çizelge 3.16. Ağaç türü - Vernik Çeşidi -Yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) Duncan testi sonuçları.	89
Çizelge 3.17. Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) Duncan testi sonuçları.	90
Çizelge 3.18. Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) Duncan testi sonuçları.	91
Çizelge 3.19. Sarı renk tonu (b*) ölçümlerine ait değerler.....	93
Çizelge 3.20. Ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun sarı renk değerleri (b*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	94
Çizelge 3.21. Sarı renk değeri (b*) ölçümlerine ait ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	94
Çizelge 3.22. Ağaç türü - ısıl işlem ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.	97
Çizelge 3.23. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.	98
Çizelge 3.24. Isıl işlem-vernik çeşidi ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.	98
Çizelge 3.25. Ağaç türü-yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.	99
Çizelge 3.26. Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü ikili etkileşimine ait sarı renk değeri (b*) Duncan testi sonuçları.	100
Çizelge 3.27. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.....	101
Çizelge 3.28. Ağaç türü - ısıl işlem- vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.	102
Çizelge 3.29. Ağaç türü - ısıl işlem - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.....	103
Çizelge 3.30. Ağaç türü, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.	104
Çizelge 3.31. Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.	105
Çizelge 3.32. Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.....	106
Çizelge 3.33. Renk parlaklık (L*) ölçümlerine ait değerler.	108
Çizelge 3.34. Ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun renk parlaklık değerlerine (L*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	109
Çizelge 3.35. Renk parlaklık (L*) ölçümlerine ait ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	109
Çizelge 3.36. Ağaç türü-ısıl işlem ikili etkileşimine ait renk parlaklık değeri (L*) Duncan testi sonuçları.	112
Çizelge 3.37. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.	113
Çizelge 3.38. Ağaç türü-yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.	113
Çizelge 3.39. Isıl işlem-vernik çeşidi ikili etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.	114
Çizelge 3.40. Isıl işlem - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.	115
Çizelge 3.41. Vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.	116

Çizelge 3.42. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L^*) Duncan testi sonuçları.	116
Çizelge 3.43. Ağaç türü, ısıt işlem, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L^*) Duncan testi sonuçları.	117
Çizelge 3.44. Ağaç türü, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L^*) Duncan testi sonuçları.	118
Çizelge 3.45. Isıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L^*) Duncan testi sonuçları.	119
Çizelge 3.46. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L^*) Duncan testi sonuçları.	121
Çizelge 3.47. Toplam renk değişim değeri (ΔE^*) ölçümlerine ait değerler.	123
Çizelge 3.48. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun toplam renk değişim değerine (ΔE^*) ilişkin varyans analizi sonuçları.	124
Çizelge 3.49. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	124
Çizelge 3.50. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	127
Çizelge 3.51. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	128
Çizelge 3.52. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	128
Çizelge 3.53. Isıt işlem - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	129
Çizelge 3.54. Isıt işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	130
Çizelge 3.55. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	131
Çizelge 3.56. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	131
Çizelge 3.57. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	132
Çizelge 3.58. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	133
Çizelge 3.59. Isıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	134
Çizelge 3.60. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.	135
Çizelge 3.61. Liflere paralel parlaklık ölçümlerine ait değerler.	137
Çizelge 3.62. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun liflere paralel parlaklık değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	138
Çizelge 3.63. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait liflere paralel parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	138
Çizelge 3.64. Ağaç türü-ısıt işlem ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	142
Çizelge 3.65. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	142
Çizelge 3.66. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	143
Çizelge 3.67. Isıt işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	144

Çizelge 3.68. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	145
Çizelge 3.69. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	145
Çizelge 3.70. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	146
Çizelge 3.71. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerine ait Duncan testi sonuçları.	147
Çizelge 3.72. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerine ait Duncan testi sonuçları.	148
Çizelge 3.73. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerine ait Duncan testi sonuçları.	149
Çizelge 3.74. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerine ait Duncan testi sonuçları.	150
Çizelge 3.75. Liflere dik parlaklık ölçümlerine ait değerler.	152
Çizelge 3.76. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun liflere dik parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları.	153
Çizelge 3.77. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	153
Çizelge 3.78. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	155
Çizelge 3.79. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimin liflere dik parlaklık değerine ait Duncan testi sonuçları.	156
Çizelge 3.80. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	156
Çizelge 3.81. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	157
Çizelge 3.82. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	158
Çizelge 3.83. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin liflere dik parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	159
Çizelge 3.84. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	159
Çizelge 3.85. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	160
Çizelge 3.86. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	161
Çizelge 3.87. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	162
Çizelge 3.88. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	164
Çizelge 3.89. Yüzey pürüzlülüğü (Ra^*) ölçümlerine ait değerler.	166
Çizelge 3.90. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzey pürüzlülüğü değerlerine (Ra^*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	167
Çizelge 3.91. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan yüzey pürüzlülük değerleri (Ra^*) Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	167
Çizelge 3.92. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra^*)	171

Çizelge 3.93. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları.	171
Çizelge 3.94. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları.	172
Çizelge 3.95. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları.	173
Çizelge 3.96. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları.	174
Çizelge 3.97. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları.	175
Çizelge 3.98. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları.	176
Çizelge 3.99. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları.	177
Çizelge 3.100. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları.	178
Çizelge 3.101. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları.	179
Çizelge 3.102. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörütlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları. ...	180
Çizelge 3.103. Yüzey pürüzlülüğü (R_q^*) ölçüm değerleri.	182
Çizelge 3.104. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzey pürüzlülüğü değerlerine (R_q^*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları. ...	183
Çizelge 3.105. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	183
Çizelge 3.106. Ağaç türü - ısıt işlem ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*).....	185
Çizelge 3.107. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.	186
Çizelge 3.108. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.	187
Çizelge 3.109. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.	187
Çizelge 3.110. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.	188
Çizelge 3.111. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.	189
Çizelge 3.112. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.	190
Çizelge 3.113. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.	190
Çizelge 3.114. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.	191
Çizelge 3.115. Isıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.	192
Çizelge 3.116. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörütlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları. .	194
Çizelge 3.117. Yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri. ..	196

Çizelge 3.118. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzey pürüzlülüğü değerlerine (Rz^*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	197
Çizelge 3.119. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	197
Çizelge 3.120. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	199
Çizelge 3.121. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	199
Çizelge 3.122. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	200
Çizelge 3.123. Isıt işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	201
Çizelge 3.124. Isıt işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	202
Çizelge 3.125. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	202
Çizelge 3.126. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	203
Çizelge 3.127. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	204
Çizelge 3.128. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	205
Çizelge 3.129. Isıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	206
Çizelge 3.130. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz^*) Duncan testi sonuçları.	207
Çizelge 3.131. Sertlik ölçümlerine ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri.	209
Çizelge 3.132. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun sertlik değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	210
Çizelge 3.133. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait sertlik değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	210
Çizelge 3.134. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	214
Çizelge 3.135. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	215
Çizelge 3.136. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	216
Çizelge 3.137. Isıt işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	216
Çizelge 3.138. Isıt işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	217
Çizelge 3.139. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait salımsal sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	218
Çizelge 3.140. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	219
Çizelge 3.141. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	219

Çizelge	3.142. Ağaç türü, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	220
Çizelge	3.143. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	221
Çizelge	3.144. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	223
Çizelge	3.145. Yüzeye yapışma direnci ölçümlerine ait ortalama değerler.	225
Çizelge	3.146. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzeye yapışma direnci değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	226
Çizelge	3.147. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait yüzeye yapışma direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	226
Çizelge	3.148. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	230
Çizelge	3.149. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	231
Çizelge	3.150. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	231
Çizelge	3.151. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	232
Çizelge	3.152. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	233
Çizelge	3.153. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	234
Çizelge	3.154. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	234
Çizelge	3.155. Ağaç türü, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	235
Çizelge	3.156. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	236
Çizelge	3.157. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	238

KISALTMALAR

ABS	Akrilonitril/bütadien/stiren
AcO	Asetat
AFM	Atomik Force Microscopy
AK	Solvent Bazlı Çift Bileşenli Akrilik Vernik
AR-GE	Araştırma Geliştirme
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWPA	Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi
BBP	Benzil Bütil Ftalat
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
DEGA	Dietilenglikol adipat
DIN	Deutsch Institute Norm
DOP	Dioktil ftalat
DYD	Dar Yapraklı Dişbudak
EDS	Energy Dispersive Spectroscopy
ESCA	Electron Spectroscopy for Chemical Analysis
ESR	Electron Spin Resonance
FTIR	Fourier Transform Infrared
GRP	Glass Reinforced Plastic
GU	Gloss Unit
HRC	Sertlik Ölçüm Birimi
İBO	İlkbahar Odunu
İYA	İğne Yapraklı Ağaç
KMK	Kritik Misel Kozantrasyonu
Ltd.	Limited
M.Ö.	Milattan Önce
M.S.	Milattan Sonra
PSI	Pounds Per Square Inch
PU	Solvent Bazlı Çift Bileşenli Poliüretan Vernik
SÇ	Su Bazlı Çift Bileşenli Vernik
SEM	Scanning Electron Microscopy
Ss	Standart sapma
ST	Su Bazı Tek Bileşenli Vernik
SWOM	Sunshine Weather-ometer
Şti	Şirketi
TS EN	Türk Standartları Enstitüsü European Norm
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UV	Ultraviyole
UVA	Ultraviyole A tipi lamba
UVB	Ultraviyole B tipi lamba
UVC	Ultraviyole C tipi lamba
ÜR-GE	Üretim Geliştirme
Vd.	Ve diğerleri
VOC	Volatile Organic Compounds

VTT
Vu
YA
YO
XPS

Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi
Uygulanan vernik
Yapraklı Ağaç
Yaz Odunu
X-ray Photoelectron Spectroscopy



SİMGELER

a^*	Kırmızı renk tonu değeri
b^*	Sarı renk tonu değeri
CIEL	Renk aralığı
cm	Santimetre
cm^3	Santimetreküp
$\dot{C}b$	Buharlaşan çözücü (g)
D	Dara (gr)
E	Kuru ağırlık (g)
E-Mod	Elastikiyet modülü
F	Kopma anındaki kuvvet
G	Yaş ağırlık (g)
gr	Gram
kg	Kilogram
Km	Katı madde (%)
L^*	Renk parlaklık / renk parlaklık
Lt	Tarama uzunluğu
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp
mm	Milimetre
mm^2	Milimetrekare
MPa	Megapaskal
nm	nanometre
N	Newton
N_2	Azot
$\emptyset$	Daire çap mesafesi
$^{\circ}C$	Santigrat derece
Ra^*	Ortalama pürüzlülük
Rq^*	Ortalamanın karakökü
Rz^*	En yüksek 5 tepe ile en derin 5 çukurun ortalaması
α	Alfa
β	Beta
β_r	Radyal yönde daralma yüzdesi
β_t	Teğet yönde daralma yüzdesi
Bv	Hacim olarak daralma yüzdesi
ΔE^*	Toplam renk farkı değeri
λ	Sınır dalga boyu
μ	Mikron
μm	Milimikron
$\sigma_b//$	Basınç direnci
$\sigma_{\dot{C}}//$	Çekme direnci
σ_e	Eğilme direnci

//
L

Liflere paralel yönde
Liflere dik yönde



ÖZET

YAT VE TEKNE MOBİLYALARINDA KULLANILAN BAZI AĞAÇ TÜRLERİNE UYGULANAN TERMAL MODİFİKASYON VE UV YAŞLANDIRMA İŞLEMLERİNİN VERNİK KATMAN PERFORMANSLARI ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Göksel ULAY

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Nevzat ÇAKICIER

Kasım 2018, 275 sayfa

Bu çalışmanın amacı, yat ve tekne imalat sektörü ile mobilya ve dekorasyon endüstrisinde yaygın olarak kullanılmakta olan ağaç malzemelere uygulanan ısı işlem (ThermoWood) ve hızlandırılmış yaşlandırmanın farklı vernik katmanları üzerine etkisini belirlemektir. Bu amaca yönelik; Türkiye’de doğal olarak yetişen dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), ile egzotik bir tür olan ıroko (*Chlorophora excelsa*) deney malzemesi olarak belirlenmiştir. Deney örneklerine 190°C’de 1,5 saat ve 212°C’de 2 saat süreyle ısı işlem uygulanmıştır. Daha sonra tek ve çift bileşenli su bazlı vernikler ile çift bileşenli solvent bazlı akrilik ve poliüretan vernikler uygulanarak, vernik film katmanı UV-B 313 EL tipi florasan lambaların kullanıldığı QUV Accelerated Weathering Tester cihazında; 144, 288, 432 ve 576 saat süre boyunca (ISO 11507-A) maruz bırakılmıştır. Her hızlandırılmış yaşlandırma periyodu sonrasında; renk değişimi (a^* , b^* , L^* ve ΔE^*) (ASTM-D 2244-3), liflere paralel ve dik olmak üzere parlaklık (ISO 2813), yüzey pürüzlük (Ra^* , Rq^* ve Rz^*) (ISO 4287), salınımsal sertlik (ANS/ISO 1522) ve yüzeye yapışma direnci (ASTM D 4541) değerleri araştırılmıştır. Sonuç olarak 190°C’de 1,5 saat ısı işlem gören malzemelerde; b^* , L^* , ΔE^* , parlaklık ile Ra^* pürüzlülük değerlerinde azalırken, a^* , yüzey sertliği, yüzeye yapışma direnci değerlerinde ise artış belirlenmiştir. 212°C’de 2 saat ısı işlem gören malzemelerde ise a^* , b^* , L^* , ΔE^* , parlaklık değerlerinde azalma; yüzey sertliğinde ise artış tespit edilmiştir. 576 saat yaşlandırma sonunda a^* , L^* ve ΔE^* değeri artmış; sertlik, pürüzlülük, adezyon ve b^* değerleri azalmıştır. Yat ve tekne mobilyaları imalatında thermowoodlu ahşap ve su bazlı verniklerin kullanılmasıyla katma değeri yüksek ve çevreci ürünlerin ortaya çıkarılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: Ağaç malzeme, Isıl işlem, UV-B yaşlandırma, Vernik, Yat/tekne.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT ON PERFORMANCE OF THE VARNISH LAYER OF THE THERMAL MODIFICATION AND UV AGING PROCESS APPLIED TO SOME OF THE WOOD SPECIES USED IN YACHTS AND BOAT FURNITURE

Göksel ULAY

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forestry Industrial Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nevzat ÇAKICIER

November 2018, 275 pages

The aim of this study is to determine the impact of heat treatment (ThermoWood) and accelerated aging (UV) on the different varnish layers applied to the wood materials which are commonly used in the yacht and boat manufacturing sector and the furniture and decoration industry. For this purpose; the ash grown in Turkey (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), as a kind of domestic one and, iroko (*Chlorophora excelsa*) and also exotic wood species were determined as the test material. The heat treatment was applied on the experiment samples for 1,5 hours at 190°C and for 2 hours at 212°C. Then, they were exposed to QUV Accelerated Weathering Tester device, that UV-B 313 EL-type fluorescent lamps were used as the varnish film layer, for 144, 288, 432 and 576 hours (ISO 11507 A) as the single and double component water-based varnishes and the double component acrylic and polyurethane varnishes were applied. After each the accelerated aging; the values of color change (a^* , b^* , L^* and ΔE^*) (ASTM D 2244-3), oscillating hardness (ANS / ISO 1522), glossiness as parallel with the fibres and perpendicular to them (ISO 2813), surface roughness (Ra^*) (ISO 4287), surface adhesion resistance (ASTM D 4541) were investigated. Consequently, a decrease was determined in Ra^* , Rq^* , Rz^* roughness values with b^* , L^* , ΔE^* , glossiness while an increase was determined in values of a^* , surface hardness, adhesion at the materials which were exposed to the heat treatment at 190°C for 1,5 hours. A decrease in the values of a^* , b^* , L^* , ΔE^* , glossiness, and the adhesion was determined, and an increase was determined in the surface hardness at the materials which were exposed to the heat treatment at 212°C for 2 hours. It is considered that the high value-added and eco-friendly products can be revealed with the use of thermowood wood and water based varnishes in the manufacture of yacht and boat furniture.

Keywords: Heat treatment, UV-B Aging, Varnishes, Yacht/Boat, Wood.

EXTENDED ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT ON PERFORMANCE OF THE VARNISH LAYER OF THE THERMAL MODIFICATION AND UV AGING PROCESS APPLIED TO SOME OF THE WOOD SPECIES USED IN YACHTS AND BOAT FURNITURE

Göksel ULAY

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forestry Industrial Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nevzat ÇAKICIER

November 2018, 275 pages

1. INTRODUCTION

The wood material is used in many sectors because it is natural, aesthetic, renewable, light, easily processable, has the different colors, and it is suitable for the surface treatment such as sound, thermal insulation, colored, varnish and paint. The longest past of these sectors is seen as the shipbuilding industry definitely yacht / boat manufacturing. In recent years, the use of wood materials has been increasing day by day. With the ever-diminishing presence of forests over the world, the applications to extend the period of use and the preservation of wood materials are important. The concepts such as environment, health and aesthetics, which are important to the contemporary societies, improve the use of wood material properties. The heat treatment (ThermoWood) application is an environmental practice in improving the properties of wood. The properties of wood materials are improved by the biological pesticide resistance, low water absorption, dimensional stability and different color formation, improvement in the surface treatment. The possibilities in the use of innovative and eco-friendly materials (water-based varnishes and heat treated wood materials) in yacht and boat manufacturing sector are extremely important in terms of the human health, preventing sea and environmental pollution. It is aimed to contribute to the users, producers by exploring the possibilities of using such products in yacht and boat manufacturing sector.

2. MATERIAL AND METHODS

The wood specimens which were prepared from ash wood that grows in Turkey and the imported iroko species wood were put into the heat treatment according to ThermoWood method at 190°C for 1,5 hours and 212°C 2 hours. Following the heat treatment single and double component water-based varnishes, double component polyurethane and acrylic varnishes were applied in the similar layer thicknesses according to the manufacturer recommendations. The finished specimens were exposed to UV-B 313 nm EL flourescent lamp in a QUV accelerated weathering tester for 0, 144, 288, 432 and 576 hours (ISO 11507-A). At the end of each exposure period the values of color (a^* , b^* , L^* , ΔE^*) (ASTM-D 2244), glossiness (ISO 2813), surface roughness (Ra^* , Rq^* and Rz^*) (ISO 4287), oscillating surface hardness (ANS/ISO 1522), surface adhesion resistance (ASTM-D 4541) were determined.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

At the final period of weathering while the red color increased in the ash and iroko specimens. the maximum red value was obtained in the aging periods of 144 and 432 hours and then, it decreased as 4,82% in the aging period of 432-576 hours. In the process, it was determined with Thermowood method that the initial (a^*) value time and the temperature increased, the natural color became darker and the brown color turned into a similar dark tone and accordingly the (a^*) value decreased nearly 1/3as it was compared to the control sample. According to the varnish type, the same values were obtained at the same time in the ST (single-component water based) and SÇ (double -component water based) varnish types which are red (a^*) water based, and the lower (a^*) values were obtained in the case of solvent based PU (double-component polyurethane) and AK (double-component acrylic) varnish applications.

According to the accelerated aging period, the b^* value of the varnish layers increased as 5,57% over the period of 0-288 hours but then it decreased as 7,40% during the aging period of 288-576 hours. According to the ThermoWood method, the yellow color (b^*) value was obtained in the highest control samples and the lowest heat treated at 212°C for 2 hours.

At the ThermoWood method factor level, the color brightness (L^*) value was obtained in the highest control samples and at the lowest 212°C for 2 hours. The highest (L^*) value was obtained in the untreated control sample for 576 hours in the aged samples according

to the accelerated aging period. It is understood that the impacts of the 144-288-432 hour aging period on the color brightness (L^*) value are similar.

According to the aging factor, no change in the total color change (ΔE^*) from 0 to 144 hours occurred; it was increased to 288 hours and thereafter it tended to decrease again after 432 hours, as reaching the maximum value of (ΔE^*) at the end of 576 hours. It is remarkable that there is no statistical difference between the control (0 hour), (ΔE^*) values after 144 and 432 hour aging. As a result of the aging periods, the maximum deformation at the visual controls was continued until the end of the aging of 432 and 576 hours, as starting from 288- hour aging of AK (double component acrylic) varnish coated specimens. At the end of the aging period, the AK varnish layer on the ash and iroko surface has turned into an opaque white color, as creating an aesthetically undesirable structure that covers the texture of wood materials. At the wood type factor level, the glossiness value was the highest, iroko (87,96), lowest ash (86,53). It has been determined that the glossiness values to the tends to decrease during (0-576 hours) the accelerated aging period. The highest glossiness value at the varnish type factor level was obtained in the AK varnish (96,67) and the lowest value in the ST varnish (49,33). The average roughness (Ra^*) value at the wood type factor level was obtained with the highest iroko (1,13 μm) and the lowest value ash (1.03 μm). The surface roughness values (Ra^* , Rq^* and Rz^*) were obtained in the highest control samples and in the samples heat treated at 212°C for 2 hours, the lowest values were obtained in samples treated at 190°C for 1,5 hours. The single component water-based varnished (ST) surface gave the higher values rather, than SC, AK, PU varnish surfaces respectively. The average roughness value, which tends to decline in the first 0-288 hours of accelerated aging, tends to increase at 288-576 hour aging.

According to the heat treatment factor, the highest values of the oscillatory hardness values were obtained in ThermoWood samples, while the lowest values were obtained in the control samples without the heat treatment. In the aging process which was made with UVB-313 EL type lamp, it was 5,06% at 0-144-hour aging; 9,54% from 0 to 288 hours; 11,97% between 0-432 hours; In the 0-576 hour aging process, a decrease in the value of the oscillatory hardness by 14,80% occurred. The adhesion strength of varnish layers affected differently on the base of the heat treatment temperature and duration. When the adhesion values of the control samples and other heat treated specimens were compared,

it was found that they increased as 7,49% in the samples heat treated at 190°C for 1,5 hours and decreased as 2,60% in the samples treated at 212°C for 2 hours. According to the varnish type, the highest value of adhesion was obtained in a double-component water based (3,707 MPa) varnish and the lowest value in a double-component acrylic (AK) varnish (3,087 MPa). The adhesion value at the aging factor level was highest in the samples aged for 144 and 288 hours and the lowest in 576 hours aged samples.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK

According to the results, the heat treatment (ThermoWood) changed the ash and iroko wood species of structure. All of the water-based and solvent-based varnishes showed the different performances in terms of the heat treatment wood samples. At the different rates in the 0-576 hour accelerated aging process, there was a decrease in hardness value, glossiness value, adhesion value, surface roughness (Ra^* , Rq^* , Rz^*) value, b^* value. The a^* value, L^* value, total color change (ΔE^*) values increased with the accelerated aging period. The best results for roughness were obtained in the samples heat treated at 190°C for 1,5 hours (Thermowood). At the end of the aging period, the AK varnish layer on the ash and iroko surface has turned into an opaque white color, as creating an aesthetically undesirable structure that covers the texture of wood materials. It can be said that PU varnish is better than other varnishes when the color stability and low roughness are searched in the areas which do not have a direct contact with water in the marine conditions. According to the visual evaluation, no adverse impact due to the aging in water based varnishes was found. Therefore, the water-based varnishes can be recommended when the aging-related visual stability is sought.

1. GİRİŞ

Tarih boyunca ve günümüzde insanların yaşam alanları ile endüstride oldukça yaygın kullanılan ağaç malzeme, mobilyalar başta olmak üzere alet yapımından konut yapımına, dekorasyondan mimariye, kara taşıtlarından deniz taşıtlarına varıncaya kadar çeşitli ihtiyaçları karşılamak için kullanılmıştır. Ağaç malzemeyle tarihsel birliktelik içinde olan insanoğlu, bu malzemenin kullanıldığı yerde korunması gerektiğini [1] yüzyıllardır deneyimleyerek öğrenmiştir.

Ağaç malzeme doğal, yenilenebilir, hafif, nispeten yüksek dirençli, kolay işlenebilir, işleme sırasında az enerji ihtiyacı, farklı renk ve desene sahip olması, ses, ısı yalıtımı, dielektrik özelliği, kimyasallardan az etkilenmesi, renklendirme ve renk açma [1], vernik ve boya gibi yüzey işlemlerine uygunluğu [2] vb. sebeplerden dolayı evrensel bir malzeme olarak kabul görmekte [3] ve endüstride tercih edilmektedir.

Günümüze ahşap malzemenin kullanım alanları gün geçtikçe genişlediği gibi koruma ve kullanım süresini uzatacak uygulamalarda, çevre koruma [1], sağlık ve maliyet unsurları gibi çağdaş toplumların dikkat ettiği konular daha sık gündemimize gelmektedir.

Ahşap malzemeyi korumak ve estetik değerini artırmak için, 20. yüzyıl başlarında geliştirilen endüstriyel ahşap vernik ve boya sistemleri kullanılmaya başlanmıştır [4]. Ayrıca ahşabın korunması konusunda 1930'larda ahşapta ısıtılma işlemi olarak bilinen uygulamalar da yaygınlaşarak geniş uygulama alanına sahip olmuştur. Ahşap malzeme için, uygulanan termal modifikasyon işlemi olan ısıtılma işlemi [5], iç ve dış mekânda kullanılan malzemeye boyutsal stabilite bakımından üstün nitelikler kazandırmaktadır. Isıtılma işlemi uygulanan ahşap yine de dış ortamdaki harici etkilere (rutubet, asit yağmuru, UV ışını, biyolojik zararlılar vb.) [5] karşı korunması için vernik ve boyalar gibi koruyucu katmanlar ile kaplanmasına ihtiyaç duymaktadır. Ağaç malzeme, anatomik ve kimyasal yapısından dolayı açık hava şartlarındaki bazı etkilere karşı yeterli direnç ve doğal dayanıklılığa sahip olsa da, dış hava etkilerine uzun süre dayanmamaktadır [6], [7]. Bu sebepten dolayı ağaç malzeme, farklı kimyasal maddelerle emprenye edilmekte [8], ve aynı zamanda farklı vernik/boya materyalleri ile kaplanmaktadır [1].

Saydam koruyucu katmanlardan olan su bazlı verniklerin son yıllarda çevre koruma ve insan sağlığı kavramlarının öneminin artmasıyla, farklı verniklerin özelliklerinin geliştirilerek daha geniş alanlarda kullanım olanakları araştırılmaktadır [9], [10], [11], [12]. Genel kullanıma ait mobilyalarda daha çok bebek odası, çocuk odası, oyuncaklar vb. alanlarda uygulanmakta iken son yıllarda dış mekânlarda da kullanılabilmektedir.

Günümüzde ahşap ve ahşap kompozit malzemelerden yapılan ürünlerin kalite kontrol testleri kapsamında; üst yüzey koruyucu katmanlarının zamana ve şartlara bağlı olan tahribat derecesi yani eskimesi, yaşlanma olarak ifade edilebilir. Yaşlanmanın düzeyi ve miktarı koruyucu katmanın kalite değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir.

Yaşlanmaya bağlı olarak koruyucu katman ile kaplanmış veya kaplanmadan doğrudan dış hava şartlarında bırakılarak 5-10 yıl süreyi bulan uzun süreler bekletilmektedir. Yaşlandırma periyodu sonunda vernik ve boya katmanında veya ahşap yüzeyinde oluşan bozunmaların belirli aralıklarla kalite testleri ile ölçülmesiyle çeşitli veriler elde edilmektedir. Bozunma mekanizmasının zamana bırakılarak doğal yaşlanma etkilerinin belirlenmesi işleminin uzun yıllar alması, üretim sürecinin yavaşlaması ve maliyetin artması vernik ve boya endüstrisinde rekabet gücünü azaltmaktadır [13]. Günümüzde hızla gelişen yapay yaşlandırma teknikleri (UV ışınları ile yaşlandırma vb.) sayesinde doğal yaşlandırmada karşılaşılan bu tür güçlükleri ortadan kaldırmakta ve verimliliğe olumlu bir şekilde yansımaktadır [14]. Açık hava şartlarındaki faktörler ile deniz ve marine koşullarındaki faktörler benzerlik göstermesine karşın deniz ortamında kullanılan yat/tekne ve bunlara ait mobilyalar yüksek sıcaklık, aşırı nem, buharlaşma, doğrudan UV etkisi, soğuk sıcak etkisi gibi daha agresif yaşlanma faktörleri ile karşı karşıya kalabilmektedir. Türkiye'nin alt yapı ve deneyime sahip olduğu, özel ve katma değeri yüksek ürünler grubunda olan yat ve tekne imalatı sektöründe [15], termal modifikasyon görmüş odun ve ahşap yüzeyine uygulanan su bazlı vernik sistemlerinin, solvent bazlı sistemler ile karşılaştırılarak bu tür ürünlerin lüks ve aynı zamanda estetik unsurları ön planda olan dekoratif yat/tekne inşası ve mobilyalarında uygulanması tartışılmaktadır.

Bu çalışmanın amaçları,

- ThermoWood metoduna göre 190°C'de 1,5 saat ve 212°C'de 2 saat süre ile ısıtılma işlemi gören dişbudak ve iroko odunlarından hazırlanan deney malzemeleri, üretici firma önerileri doğrultusunda endüstriyel uygulamalara uygun olarak vernikler ile kaplanmıştır. Su bazlı tek bileşenli (ST), su bazlı çift bileşenli (SÇ), solvent bazlı çift bileşenli akrilik (AK) ve poliüretan (PU) vernikler kullanılmıştır. Daha sonra tüm

yüzeyleri vernikle kaplanan deney malzemelerinin QUV hızlandırılmış yaşlandırma cihazında 0, 144, 288, 432, 576 saat süreleri boyunca UVB 313 EL tipi lambaların ışınlarına maruz bırakılmıştır. Her yaşlandırma periyodu sonrasında oluşan değişiklikleri tespit etmektir.

- Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtıl işlem görmüş Dişbudak ve Iroko odunlarının ST, SÇ, AK, PU vernikler ile kaplandıktan sonra elde edilen malzemelerin kullanılabilecek olduğu alanlar için fırsat ve kısıtları ortaya koymaktır. Ayrıca ST, SÇ, AK, PU vernikler ile oluşturulan kuru film katmanlarının ThermoWood yöntemi ile ısıtıl işlem uygulanmış ahşap malzemeler üzerinde sahip oldukları etkinin belirlenmesine ve kullanımın yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktadır.
- Türkiye'nin dünyada söz sahibi olduğu 24 metre üstü uzunluktaki mega yat üretiminde yerli ahşap ve ahşap kompozit ürünlerin kullanımına katkı sağlamak. İnovatif ve yenilikçi aynı zamanda çevreci, insan sağlığına zararsız malzemeler ve tekniklerin kullanılmasını yaygınlaştırmak için araştırma yapmak ve sonuçlarını sektör ile paylaşmak.
- AR-GE (araştırma geliştirme) ve ÜR-GE (üretim geliştirme) imkanı olmayan işletmeler özelinde ve sektör geneline yönelik termal modifikasyon görmüş ahşap ve su bazlı vernik sistemlerinin yat ve tekne mobilyası imalatı yapan işletmelerin kullanım olanaklarının belirlenerek katma değeri yüksek ürünler üreten Türkiye yat ve tekne imalat sektöründeki işletmelerin kullanımına sunmaktır.

Bu amaçlar doğrultusunda, yat/tekne imalatı sektöründe, yat mobilyası, güverte, deck, iç ve dış mekânlarda, zemin, parke, cephe kaplaması, mobilya, bahçe mobilyası, kent mobilyası (bank, otobüs durağı, çöp kutusu vb.) imalatında kullanılan ağaç türleri tercih edilmiştir. Bunlar; yerli ağaç türlerinden dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), ithal edilen yabancı ağaç türü olarak ise iroko (*Chlorophora excelsa*) deney materyalleri olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamına alınan odun türlerine ait ahşap malzemeler 40 m³'lük hacime sahip ısıtıl işlem fırınında endüstrideki işletmelere sunulmak üzere hazırlanan ağaç malzemelerle birlikte ThermoWood yöntemi ile 190°C'de 1,5 saat ve 212°C sıcaklıkta 2 saat süreyle ısıtıl işlem tekniği uygulanmıştır. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtıl işlem görmüş yerli dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), ve egzotik iroko (*Chlorophora excelsa*) odunlarının ısıtıl işlem sonrasında kullanım yerindeki dayanımını ve estetik değerini artırmak amacıyla, ST, SÇ, AK ve PU vernikler kullanılmıştır. UVB-313 EL tipi lambalar ile yaşlandırma sonrasında yapılan, renk, parlaklık, pürüzlülük,

salınımsal sertlik, yüzeye yapışma direnci testleri ile yapay yaşlandırmanın etkisi belirlenmiştir. Elde edilen veriler analiz edilerek değerlendirmeler yapılmıştır.

1.1. TÜRKİYE YAT VE TEKNE İMALAT SANAYİ

Tarih boyunca deniz araçları ticari ve askeri amaçlarla kullanılmış, ülkelerin fethi ve kıtaların keşfi rüzgâr gücünden faydalanarak harekete olanak tanıyan çeşitli yelken düzeneklerine sahip gemiler tarafından yapılmıştır. Sanayi devrimi ile kullanımı zahmetli olan yelkenli gemilerin devri kapanmış ve yerlerini makina gücü ile hareket eden deniz vasıtaları almıştır [16].

Gemi ve tekne inşa sanayi Anadolu’da 600 yıldan daha fazla bir süredir faaliyet gösteren nadir sektörlerden biridir. Dünyada gün geçtikçe artan yat ve tekne sayısı bir yana, Türkiye’nin içinde bulunduğu Akdeniz Çanağı ve çevresine yat sahiplerinin ilgisi hızla artmaktadır. Bu bölge dünyadaki çeşitli tipteki yat ve teknelerin yarısına ev sahipliği yapar konumdadır [17]. Dünyada artan yat ve tekne talebi ile son birkaç yılda hızla gelişen Türkiye, yat ve tekne inşasında dünyanın sayılı üreticileri içinde yerini almıştır [17].

Yat kelimesi, “*Yat sözcüğü zenginliği ve lüksü çağrışırsa da ticaret ya da herhangi bir hizmet amacıyla değil; gezi, keyif ve/veya yarışma amacıyla kullanılan yelkenli ya da motorlu amatör denizci teknelerini ifade eder*” şeklinde tanımlanmaktadır [16].

Türkiye tekne ve yat imalat sanayii, ilk olarak İstanbul Haliç Ayvansaray kıyılarında küçük ölçekli işletmeler ile başlamıştır. Günümüzde tüm sahillerimize yayılımı ile 400’den fazla imalatçı ile organize ve modern yat imalat bölgelerinin yanı sıra yan sanayi ile birlikte toplam ekonomik hacim yaklaşık 5,5 milyar dolara ulaşmıştır [18]. Ekonomik büyüklüğü ile Türkiye Çizelge 1.1’de verilen mega yat üretici ülkeler arasında 2010’da 6. sırada 2011- 2014 yılları arasında ise 3. ülke konumundadır.

Çizelge 1.1. Süper yat inşasında yıllara göre ilk on ülke sıralaması [19].

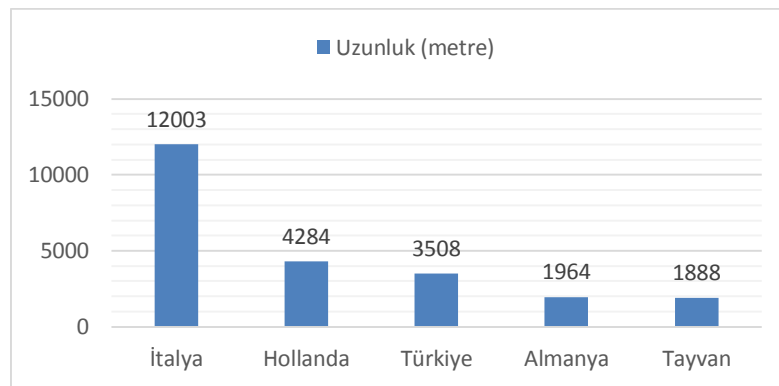
	2010	2011	2012	2013	2014			
					Ülke	Toplam Boy (m)	Proje sayısı	Ortalama Boy (m)
1	İtalya	İtalya	İtalya	İtalya	İtalya	10.686	274	39
2	Amerika	Hollanda	Hollanda	Hollanda	Hollanda	3.456	65	53
3	Hollanda	Türkiye	Türkiye	Türkiye	Türkiye	3.120	70	44
4	Almanya	Amerika	Amerika	Amerika	Amerika	2.435	63	38
5	İngiltere	İngiltere	İngiltere	İngiltere	İngiltere	2.081	71	29
6	Türkiye	Almanya	Almanya	Tayvan	Tayvan	1.724	56	30
7	Tayvan	Tayvan	Tayvan	Almanya	Almanya	1.457	16	90
8	Çin	Çin	Çin	Çin	Çin	900	26	34
9	Y. Zelanda	Fransa	Fransa	B. Arap E.	B. Arap E.	851	18	47
10		Y. Zelanda	Y. Zelanda		Yunanistan	412	5	82

Çizelge 1.2’de görüldüğü üzere yat ve teknelerin 2015 yılında 81.037 bin \$ olan yat ihracatı, 2016 yılında %32,5 oranında artarak 107.414 bin \$ olarak gerçekleşmiştir. Yat ve teknelerin toplam gemi ve yat ihracatı içerisindeki payı ise %11 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 1.2. Türkiye geneli gemi ve yat ihracatı rakamları [bin \$] [20].

Ana Sınıflandırma	Alt Sınıflandırma	Ocak-Aralık (Toplam)			
		2015 (bin \$)	2016 (bin \$)	Değişim (%)	Pay (%)
Gemi ve Yat	Gemi	608.952	488.978	100,0	50,3
	Römorkörler	173.505	115.854	-33,2	11,9
	Feribotlar	9.411	114.112	1112,5	11,7
	Yatlar, Tekneler, Botlar	81.037	107.414	32,5	11,0
	Deniz Tankerleri	95.336	92.901	-2,6	9,6
	Gemi Yan Sanayi	48.973	46.552	-4,9	4,8
	Diğer Deniz Araçları	12.642	6.366	-49,6	0,7
Genel Toplam		1.029.857	972.177	-5,6	100,0

2017 yılı Dünya 24 metre ve daha uzun mega yat imalatı sıralamasında Şekil 1.1’de görüldüğü üzere 3508 metre ile Hollanda’dan sonra gelmektedir. Ülke ekonomisinde son yıllarda hızlı bir gelişim gösteren bir sektör olan tekne ve yat imalat sektörü ve bu sektörle ilişkili alt sanayi kolları katma değeri yüksek ürünler ve istihdam artışı ile isminden söz ettirmektedir [18], [19]. Gemi inşa sektörü içinde yer alan yat/tekneler inşa ve yat mobilya imalat sektörü, inovasyon, yeni malzeme, teknoloji kullanımı, kalite, , verimlilik, kapasite kullanımı, istihdam, ileri teknoloji, markalaşma, tasarım ve ihracat gibi [18] alanlardaki potansiyeli bakımından son derece önemlidir.



Şekil 1.1. 2017 yılı Dünya 24 metre üzeri mega yat sipariş sıralaması [20].

Türkiye özellikle 24 metre ve üzeri uzunluktaki süper yat imalatında 2007 yılından sonra istikrarlı bir artış göstermiştir. 2010 yılında teslimatı yapılan süper yat, adet ve toplam uzunluk birimine göre dünyada 3. ülke konumuna yükselmiştir. Ayrıca 2014 yılında

dünya çapındaki yat sipariş verilerine göre Türkiye 3.005 metre ve 68 adet proje ile 3. sırada yer almıştır. Ülkemiz yat tekne inşasında, 2016 yılı sipariş veya yapımı süren süper yatların toplam uzunluklarına göre ülke sıralamasında 3. ülke olma özelliğini sürdürmüştür. 2017 Ocak ayı verilerine göre de 3.508 metre toplam uzunluk ile tüm ülkeler arasında 3. sıradaki yerini korumuştur [20]. Son yıllarda ekonomik verilerin negatiften tekrar pozitif yöne doğru değiştiği görülmekte olan katma değeri yüksek, yat sektörünün iç dinamiklerini ve bölgesel avantajını kullanarak ülkenin ihracat kalemleri arasında ilk sıralara yükselmesi beklenmektedir. Kalifiye ve ucuz iş gücü, tarihsel deneyim, güçlü yan sanayi, jeopolitik konum, yasal teşvikler ve üniversite sanayi işbirliği projeleri vb. gibi avantajlar sektörü güçlendirebilecek iç dinamikler olarak değerlendirilmektedir [19].

1.1.1. Mega Yat ve Tekne İmalatının Mevcut Durumu ve Geleceği

Ülkemizde 30 metre ve üzeri uzunluk olarak kabul gören, mega yat imalatı, dünya ölçeğinde marka bir ülke konumuna gelmiştir. İmalatı yapılan mega yatların uzunluklarına göre yapılan sıralamada Türkiye geçtiğimiz yıllarda dünya sıralamasında dördüncülüğe kadar çıkmıştır. Özellikle Yalova kıyıları, Antalya Serbest Bölgesi ve İstanbul-Tuzla gibi kıyılarda bulunan tersaneler, uluslararası mega yat inşa bölgesi olarak kabul görmektedir. Hali hazırdaki tesislerde 80-90 metre uzunluğa kadar olan mega yatlar Türkiye’de üretilmektedirler [21], [22].

Son yıllarda yatlara ve mega yatlara olan talepte artış yaşanmış ve her yıl dünya yat filosuna daha fazla sayıda katılım gerçekleşmiştir. Bu sürecin ardındaki en önemli faktör, 2000’li yıllarda belli gruplardaki refah artışı ve servet ile varlıklarındaki büyüme olarak gösterilmektedir. Yapılan gelecek analizlerinde, her yıl yaklaşık 24 metre ve daha uzun boydaki 800 adet yat ve tekneyi dünya yat filosuna katılabileceği öngörülmektedir [17], [20].

“Mega Yacht Intelligence” raporuna göre dünya genelinde bugüne kadar teslim edilen 30 metre üzeri mega yatların %22’sinin en büyük 10 tersanede üretildiği bildirilmiştir. Bu teknelerden 2.770 adet Avrupa’da, 870 adet ABD’de, 378 adet ise diğer bölgelerde inşa edilmiştir [24].

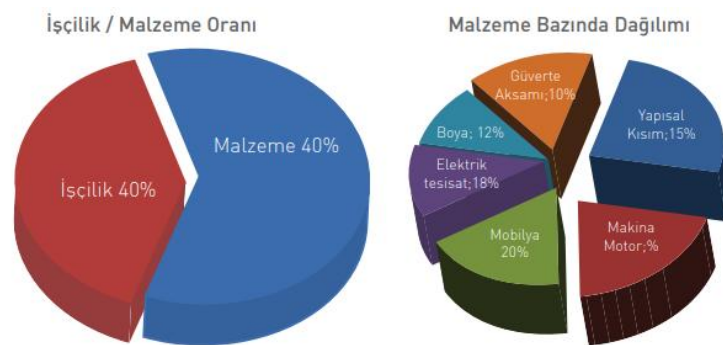
Ayrıca yeni üretilen tekne sipariş sayıları üzerinde ikinci el satışlarının önemli bir etkisi vardır. Yaşanan ekonomik krizde çoğu tekne sahibi teknelerini kayda değer indirimlerle satışa sunmuştur. Fakat talebin büyük oranda kesilmesiyle ikinci elde de satışlar ciddi

oranda düşmüştür. Bu duruma karşın yine de 2009 yılı içinde 138 adet ile dip yapan ikinci el tekne satışları 2010 yılında %4 civarında artış ile 143 adet olarak gerçekleşmiştir [23].

Hâlihazırda satış için bekleyen teknelerin satılmasıyla, pazardaki arzın azalacağını ve buna bağlı olarak fiyatların yeniden artmaya başlamasıyla müşterilerin tersanelere yönelmesi beklenmektedir [24]. Mega yat imalatı emek yoğun bir iş gücü ile gerçekleşmektedir. Kalifiye iş gücü ile gerçekleşen süreç üretime yansıtıldığında mega yat imalatı gerçekleştirilebilir. Ayrıca iş gücü 50-70 Euro/adam-gün'lük Avrupa mega yat tersane maliyetlerinin 1/3'den daha düşük bir oranda gerçekleştiğinden, aynı kaliteli ürün %30 daha ucuza alınabilmektedir. Üretim maliyetlerin düşük olması ürün fiyatlarının belirlenmesinde çok önemli bir unsur olduğundan, bu durum mega yat müşterilerini ve satıcılarını Türkiye'ye çekmektedir [22].

1.1.2. Yat ve Tekne Mobilyası İmalatında Ahşap ve Kompozit Malzeme Kullanımı

Ahşap malzemenin kullanım alanı çok çeşitli olmakla birlikte önemli kullanım alanlarından birisi de ahşap tekne imalatı ve dekorasyonudur. Masif ağaç veya odun malzemesi tekne imalat sanayide her zaman birincil malzeme olmuştur. Günümüzde, tekne imalatında kullanılan malzemeler Şekil 1.2'de görüldüğü üzere maliyet içerisinde %40 gibi önemli bir orana sahiptir. Malzemeler içerisinde mobilya donatıları %20'lik bir paya sahiptir. Yat ve tekne inşa sektöründe kullanılan diğer malzemelerin hiç biri heterojen ve estetik özellikli ahşap malzemenin yerine geçememiştir [23]. Yerli ağaç türlerinden Meşe, Kestane, Sarıçam ve Dişbudak bunların önde gelenlerindendir. Türkiye'de doğal yetişen Dişbudak genellikle tekne postaları, omurga yapımı ile tekne iç dekorasyonunda da tercih edilir [25]. İthal ağaçlardan ise yat ve tekne iç mekânlarında en sık Tik, Iroko, Ayous [26], Sapelli, Maun, Makore vb. tropik ağaç türleri kullanılabilmektedir [25].



Şekil 1.2. Üretim maliyetlerinin dağılımı [24].

Ahşap malzemenin yat ve tekne imalatında kullanımı çok eskilere dayanmaktadır. 19. yüzyıldan itibaren aşırı talep ile birlikte ahşap deniz taşıtları yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Deniz ortamında kullanımdan kaynaklı kötü havalandırma koşulları ve ahşabın yeterli şekilde korunamaması, biyolojik zararlılar, nem, mantar gibi unsurlar tarafından bozunmasına sebep olabilmektedir [27].

Tekne zemin kaplaması olarak kullanılacak ahşabın öncelikle suya karşı direncinin yüksek olması gerekir. Bu sebeple ısı işlem görmüş ahşap malzeme nispeten biyolojik zararlılara ve neme karşı direnç bakımından kullanılabilir. Fakat ısı işlem gören ahşap malzemenin vida ve çivi tutma kabiliyetinin düşük olmasından dolayı mukavemet gerektiren tekne içi alanlarda kullanılmamalıdır [25].

Tekne imalatında kullanılan ahşabın yerine kullanılabilecek malzemelerden olan çelik, korozyonel bir malzeme olduğundan; elyaflı plastik esaslı malzeme ise, mor ötesi (UV) ışıklardan etkilendiklerinden dolayı sakıncalıdır. Fiberglas malzeme kullanımı, özellikle belli kalıplar ile tekne gövdesinin farklı formlara dönüştürülmesinde, kolaylık ve daha az işçilik ile seri ve hızlı bir üretime imkan verdiğinden dolayı tercih edilmektedir. Fakat, fiber tekneler, gerek mukavemet gerek ise seri üretime dayalı olan tekdüze tasarım açısından, müşterilere sıradanlığın verdiği bir itici unsur olarak yansıyabilmektedir. Nihayetinde, müşteriler özgün, orijinal ve kaliteli, tasarımlar ve ürünlere ilgi gösterdiklerinden, bu durum tüketici davranışına; diğer yapı malzemeleri ile mukayese edildiğinde; daha estetik yapısı ve doğal oluşu nedeniyle ahşabın tercih edilmesine olanak sağlamaktadır. Ahşabın bu özelliklerinden dolayı, günümüzde modern tekne imalatı sektöründe diğer alternatifi olan malzemelere kıyasla halen iyi bir konumdadır [28].

Yapılan bir araştırmada, Türkiye’de üretilen 160 adet 24 metre ve daha uzun mega yat imalatında kullanılan karina malzemeleri ile bu malzemelerin yat tipine göre dağılımı incelendiğinde en fazla tercih edilen yapı malzemesi %42 oranında çelik iken, en az tercih edilen ise %2 oranında ahşap - GRP (Glass Fiber Reinforced Plastic) olduğu bildirilmiştir. İkinci olarak en fazla tercih edilen inşaa malzemesi %21 oranı ile ahşap olmuştur. Tekne üst binasında kullanılan malzemeler ve malzemelerin yat tipine göre dağılımlarında; alüminyum, ahşap ve GRP sırası ile %32, %26 ve %17 ile en fazla kullanılan malzemeler olduğu bildirilmiştir. Ahşap malzeme en fazla yelkenlilerde, alüminyum malzemenin ise en fazla motor yatlarda kullanıldığı bildirilmiştir [26].

Yat ve teknenin gövde malzemesi ne olursa olsun, iç dekorasyon için genellikle ahşap ve ahşap esaslı kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Aksi takdirde tekne içinde sıcak ve

rahat bir ortam oluşturma amacına ulaşmak zorlaşacaktır. Doğal ve yenilenebilir özellikleri olan ağaç malzeme insanların yaşam alanları için vazgeçilmez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Lüks ve pahalı ürünler olan bu deniz taşıtları imalatında ve dekorasyonunda ahşap malzeme kullanımı bu alandaki AR-GE (araştırma - geliştirme) ve ÜR-GE (üretim – geliştirme) faaliyetlerinin gereksinimini ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin seçkin lüks yat ve tekne üreticisi olan ülkeler arasında yer almasında kuşkusuz yat/tekne iç mekânlarına yönelik olan mobilya ve ahşap imalat sektörünün katkısı büyüktür. Dolayısıyla yat üreticisi olan ülkeler arasında artan rekabet koşullarında yat mobilyaları imalatı endüstrisi gelişmemiş sektör diğer rakiplerine göre zor durumda kalabilir.

Yat ve tekne mobilyaları; günümüzde kullanımı gün gittikçe artan yat ve tekne gibi deniz araçlarına ait iç mekân dekorasyonunda kullanılan genelde ahşap ve ahşap esaslı kompozitlerden üretilen donatılar olarak tanımlanabilmektedir. Konutlarda genel kullanıma yönelik olan sandalye, masa, koltuk, kitaplık, elbise dolabı, mutfak dolabı, banyo dolabı, vd. donatılarla fonksiyon olarak benzer görevleri üstlenmektedirler [29]. Yat mobilyaları form, ölçü, konstrüksiyon, malzeme, hacim ve estetik açıdan, konut mobilyalarına kıyasla daha özgün ve karakteristik özelliklere sahiptir. Dolayısıyla yat ve tekne mobilyaları gibi spesifik özellikleri olan ürünlere yönelik araştırmalar yapılması konu ile ilgili bilgi eksikliğinin giderilmesi gerekmektedir. Yat ve tekneler farklı şekillerde sınıflandırılmalarına karşın inşa şekilleri ve üretim tesisleri benzerlik gösterir. Yat ve teknelere ait mobilyalar tersanelerde üretimi yapılan deniz araçlarına ait iç tersane bünyelerinde kurulan küçük atölyelerde yapılmaktadır. Türkiye'de yat mobilyası imalatı sanayisine ait yapılmış çalışmalar oldukça sınırlıdır [15]. Yat/tekne mobilyası imalat sektörü ile ilgili ölçek, istihdam sayısı, üretim teknolojileri, kapasite, alt yapı vb. bilgiler tam olarak bilinmemesi sektör ile ilgili belirsizlik yaratmaktadır. Dolayısıyla sektörün mevcut potansiyeli ve öneminin ortaya çıkmasının ve bilinmesinin önünde büyük bir engel olduğu düşünülmektedir [19]. Bu çerçevede düşünüldüğünde sektöre yönelik olarak gerçekleştirilen araştırmalar sektörün gelişmesine ve ilerlemesine katkıda bulunacağını ifade etmek gerekir.

1.1.3. Marine Sektöründe Ahşap ve Ahşap Kompozitlerde Yüzey Koruma Sistemleri

Yat ve tekne iç mekânlarındaki mobilyalar genellikle kayda değer bir yük taşıyıcı fonksiyon üstlenmediğinden aşırı sağlam ve ağır olacak şekilde tasarlanmamaktadır. Kayıcı tipteki hızlı teknelerde ağırlık unsuruna çok dikkat edilmelidir. Aksi takdirde fazladan taşınan yükün teknede performans kaybına neden olacağı bilinmelidir. Hafiflik özelliği ön planda olan kayıcı tipteki motor yatlar ve performans yelkenlileri mobilyalarında daha hafif konstrüksiyonlar sağlayabilmek üzere, genellikle hafif ahşap esaslı sandviç kompozit levhalar ile ahşap görüntüsünde daha hafif levhalar kullanılmaktadır [15], [30], [31], [32].

Bu tür sandviç malzemelere yönelik yapılan bir araştırmada, çekirdek malzemenin farklı kalınlıklarda poliüretan köpük (PU) ve bal peteği formuna sahip altıgen polipropilen plastik (PP) malzemesine alt ve üst yüzeyine örtücü katman malzemesi olarak 3 katmanlı kontrplak kullanılmıştır [31], [32]. Genellikle ahşap ve ahşap kompozit malzemelerden üretilen tekne iç dekorasyonuna ait mobilyalarda vernikler veya boyalar koruyucu katman amaçlı kullanılmaktadırlar. Daha çok tekne iç dekorasyonunda saydam vernikler, su ile temas eden tekne gövdelerinde ise zehirli ve antifungal özellik taşıyan çeşitli solvent esaslı boyalar ile kaplanabilmektedir.

1.2. AĞAÇ MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ

Dünyada kaynağı kolaylıkla yenilenebilen ve çok fazla sayıda kullanım alanında değerlendirilebilen tek hammadde olan ağaçtan rasyonel faydalanma imkânları, ancak odunun anatomik yapısı ve temel özellikleri hakkında yeterli miktarda bilgiye sahip olmakla mümkündür [33]. Ahşabın uygun koşullarda dayanıklı bir malzeme olduğu ve yüzyıllardır yapı malzemesi olarak kullanıldığı bilinmektedir [4], [34], [35].

Günümüzde ahşap esaslı ürünlerde kişi başına tüketimin artması ve orman alanlarının azalması ile buna bağlı olarak da hammadde sıkıntısı artmaktadır [30], [36]. Ağaç ham maddesinin tekniğine uygun ve optimum şekilde kullanılarak [32], [37] üretilen ürünlerin uzun süre kullanılmasını zorunlu kılmaktadır [6].

Ağaç malzemenin kendine özgü anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile çok farklı ürünler halinde birçok kullanım alanı mevcuttur. Odun; selüloz, hemiselüloz ve lignin ve ekstraktif maddelerden oluşan ve doğada fazla miktarda bulunan yenilenebilir

organik bir malzemedir. Ağaç malzeme; fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyokimyasal müdahale olanağı olan ender maddelerdendir. Gerek masif halde, gerekse ahşap esaslı kompozit veya levha ürünlerine [38] de dönüştürülerek değerlendirilebilir [30], [31], [32], [39]. Yoğunluğunun diğer yapısal materyallere oranla düşük olmasına karşılık, direnci oldukça yüksektir. Alet ve makinelerle kolay işlenmesi [40], ısı iletme kabiliyeti, elektriksel direnç (dielektrik), özgül ısı, yalıtkanlık kabiliyeti, ses rezidansı, ses izolasyonu gibi özelliklere sahip bir malzeme olan ağaç malzeme aynı zamanda arzu edilen derecede akustik özelliklere de sahiptir [6]. Ahşap müzik aletleri ve akustik maksatlar için en uygun malzemedir. Ayrıca diğer yandan sesi absorbe etme özelliğinden dolayı ahşap malzeme binalarda ses ve gürültüyü absorbe ederek [6] gürültünün azalmasını sağlayabilmektedir [41]. Dolayısıyla ağaç malzeme, ilk çağlardan bu yana kullanım alanı sayısı artarak devam etmekte ve insanoğluna hizmetini sürdürmektedir. Günümüzde odun hammaddesinin 10000'den fazla farklı kullanım yeri bulunduğu bildirilmektedir [6].

Ağaç malzeme, havanın bağıl nemi ve sıcaklığına bağlı olarak çalışması [42], mantarların olumsuz etkisi ile çürümesi, renk değiştirmesi, böcekler [7] ve diğer zararlılar tarafından tahrip edilmesi, fiziksel, mekanik ve kimyasal etkiler ile ateşe karşı sınırlı dayanımı vb. gibi kullanım yerlerinde arzu edilmeyen ve sakıncalı olabilecek bazı olumsuz özelliklere sahiptir [4], [37], [43], [44], [45]. Nitekim ahşap malzemenin beklenen üstün özelliklere kavuşturulması 2018 yılında yapılan güncel araştırmalarla mümkün olabileceği ortaya konulmuştur [46]. Song ve arkadaşlarının yaptığı araştırma ile ortaya konulan modifikasyon yönteminin çeşitli ağaç türleri için evrensel olarak etkili olduğu gösterilmiştir. Modifiye edilen çeşitli ahşap türlerinin, çoğu yapısal metal ve alaşımdan daha yüksek bir özgül güce sahip ve bu da ahşap malzemenin düşük maliyetli, yüksek performanslı, hafif bir alternatif haline getirdiğini ortaya koymuşlardır [46].

Kullanılacak alanda, ağaç malzemenin bilinen zayıf yönlerinin güçlendirilmesi, ağaç malzemenin, kullanılan yerde kendinden beklenen en uzun kullanım süresine ulaşmak için oldukça önem arz etmektedir [47]. Organik ve lignoselülozlu bir madde olan odunun kullanım yerine göre çeşitli tahrip eden etkenlere karşı, tahrip edici faktörün türü ve risk derecesine göre korunması bir zorunluluktur [14], [48]. Ağaç malzeme harici etkilere karşı kendisini koruyacak doğal dayanıklılığa sahip olmasına rağmen biyolojik, fiziksel, kimyasal ve mekanik etkilere karşı korunmasız olarak uzun süre dayanıklı kalamaz [49]. Nitekim sıklıkla kullanım yerinde ağaç malzemenin kendinden beklenen performansı

göstermemesi sonucunda, yenisi ile değiştirmek için yapılan masrafların yüksekliği ağaç malzemenin kullanım yerlerinde korumak ve kullanım ömrünü uzatmak üzere bazı termal modifikasyon [42], [43], [50], [51], [52] ve yüzey işlemlerinin yapılmasını kaçınılmaz hale getirmektedir [14], [47].

Ağaç malzemenin dayanıklılığını olumsuz yönde etkileyen en sakıncalı etken dış hava şartlarıdır [7]. Hava sıcaklığı, güneş ışığı ve farklı dalga boyları ile UV radyasyonu, nem [14], [53], [54] bu faktörlerin mevsime ve gün içindeki saate göre değişmesi korumasız olan ağaç malzemede deformasyona sebep olmaktadır. Ahşap malzemenin bu tür olumsuz etkilerden belli bir miktar korunabilmesi için, farklı iyileştirici işlemler yapılırsa da çoğunlukla malzeme yüzeyleri boya ve vernikler gibi koruyucu katmanlar ile kaplanmalıdır [4], [55], [56].

1.2.1. Ağaç Malzemenin Anatomik Yapısı

Ağaç malzemeye uygulanacak vernik veya boya gibi yüzey işlemlerinde, malzeme düzgün ve kusursuz olmalıdır. Reaksiyon odunu, eğri büyüme, lif kıvrıklığı gibi kusurlara sahip ağaç malzeme yüzey işlemi sonrasında kullanıldığında yüzey işlemlerini birçok yönden olumsuz yönde etkiler. Uygun olmayan koşullarda bekletilen ağaç malzemede, önce lekelenmeler, sonrasında ise çürüme ve ardaklanmalar meydana gelebilmektedir. Lekeli, çürük ve ardaklanmış kısımlar yüzey işleminin dengeli şekilde bünyesine çekememektedir. Uzun zaman bekletilmiş ağaç malzeme de renk değişikliği dıştan zor fark edilmektedir. Mantar tahribatı sonucu ortaya çıkan renk kusurları, çürükler ve ardaklar yüzey işlemi ile tamamen temizlenemediğinden dolayı kesme sırasında uzaklaştırılmalarında fayda vardır [2].

Ağaç malzemenin esasını oluşturan yıllık halkalar içinde ilkbahar odunu (İBO) ve yaz odunu (YO) olmak üzere iki değişik tabaka bulunmaktadır. Ağaç malzemenin yüzey işlemi uygulanacak yüzeyleri ise radyal ya da teğet biçilmiş olabilir. Radyal yüzeylerde İBO ve YO tabakaları dar şeritler halinde bulunurken, teğet yüzeylerde bir yıllık halkadaki İBO ve YO tabakaları geniş alanlar kapsamaktadırlar. Bu kısımlar, yüzey işlemi sistemini tutma bakımından farklı özelliklere sahip bulunduklarından önem kazanmaktadırlar. Çünkü yüzey işleminin nüfuzu bakımından farklılıklar oluşturmakta ve YO üzerindeki yüzey işlemi tabakası dış hava koşullarından daha fazla etkilenecek hızlı şekilde dökülmektedir. Dolayısıyla radyal biçilmiş yüzeyler yüzey işlemi sistemini daha iyi tutarlar. Yapraklı ağaçların bazılarında mevcut olan traheler büyük çaplı olup

bunlar sıvı taşınmasında önemli rol oynamaktadırlar. Ayrıca yapraklı ağaçlar iyi verniklenirken, iğne yapraklı ağaçlar daha iyi renklendirilebilirler [2].

1.2.2. Ağaç Malzemenin Rutubeti

Ağaç malzeme bünyesinde daima bir miktar su bulundurur. Malzeme içerisindeki nem miktarı kullanım yerinde; fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Nitekim ahşap malzemenin, işlenme, kurutma, emprenye edilebilme kabiliyeti ve kalori değeri rutubete göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca malzeme içerisindeki rutubet miktarı, renk değiştiren ve çürüklük yapan mantarlar için önem taşımaktadır. Genellikle mantarlar rutubeti minimum %18-20’de olan malzemede faaliyet göstermeye başlarlar [33]. Kurutma ve ısıtma işlemi tabi olmuş ağaç malzemelerde rutubet miktarı yaklaşık %5-8 arasında olduğu düşünüldüğünde biyolojik zararlılara, çürümeye ve boyutsal değişimlere karşı yüksek seviyede korunduğu söylenebilir.

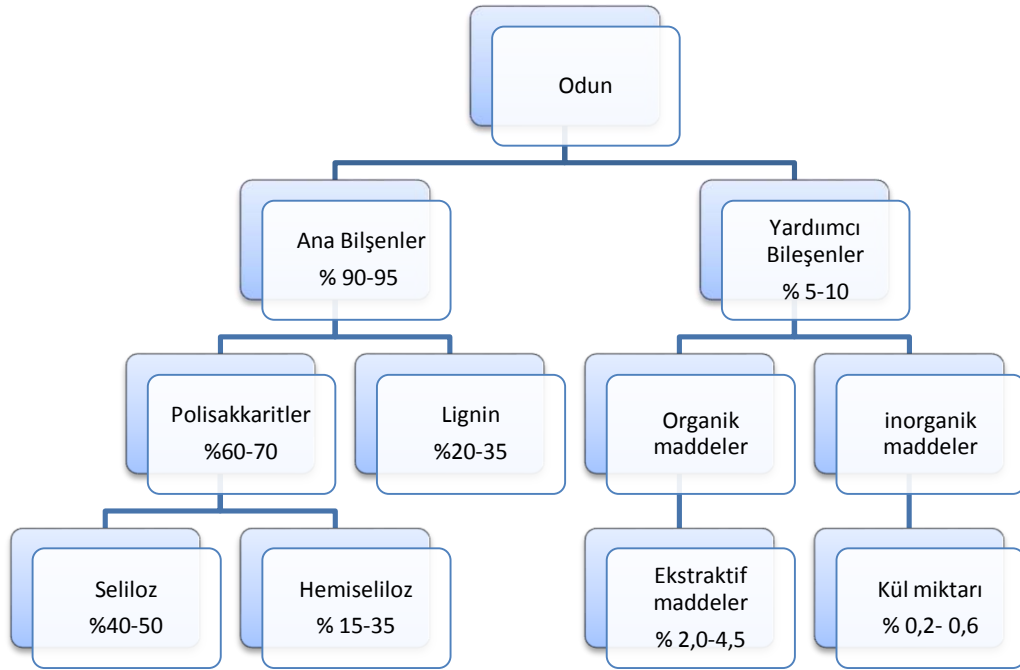
1.2.3. Ağaç Malzemenin Kimyasal Yapısı

Ağaç gövdesi; kabuk, kambium tabakası ve odun kısmından oluşur. Odun kısmı; öz ve diri odun, kabuk kısmı; iç ve dış kabuk olarak ayrılmaktadır. Odunun kimyasal yapısında Çizelge 1.3’de ve Şekil 1.3’de yer alan, hücre çeperinin ana bileşenleri; selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi polimer bileşikler bulunmaktadır [57].

Çizelge 1.3. Odun hücresindeki temel bileşenler [40].

Elementler	Miktar (%)
Karbon	49-51
Oksijen	43-44
Hidrojen	6-7
Nitrojen	0,1 - 0,3
Kül (Ca, K, Mg, Mn. vb.)	0,2 – 0,6

Odunun kimyasal yapısında hücre çeperinin ana bileşenleri olan selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi polimer bileşikler bulunmaktadır. Şekil 1.3’de gösterildiği gibi odunun türüne bağlı olarak, farklı miktarlarda selüloz, hemiselüloz, lignin vd. ekstraktif maddelerden oluşmaktadır [40].



Şekil 1.3. Odun yapısı ve bileşenleri [40].

Odun hücresinde bulunan bu bileşenlerin malzemeye kazandırdığı çok çeşitli özellikler olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda Şekil 1.3'deki oranlar farklı tür, iklim ve hatta ağacın farklı yerlerinden alınan kesitlere ve odun hücresine göre değişiklik gösterebilir [40]. Dolayısıyla odun hücrelerinde bulunan kimyasal bileşenin miktarı ve oranları değiştikçe ağaç malzemenin mekanik, fiziksel ve teknolojik özellikleri de etkilenmektedir. Ağaç malzemenin modifikasyonu yapılırken Şekil 1.3'de verilen bileşenlerin özellikleri ve miktarları göz önünde tutularak işlemler yapılmaktadır. Ağaç malzemeye uygulanan termal modifikasyon, yüzey işlemleri vb. işlemler sonucunda odunda meydana gelen kimyasal değişimler nedeniyle odunun kimyasal bileşiminin bilinmesinde, yapılan çalışmaları değerlendirilebilmesi için önemli olduğunu ifade etmek gerekir.

1.3. AĞAÇ MALZEMEDE YÜZEY İŞLEMLERİ

1.3.1. Ağaç Malzemenin Yüzey İşlemlerine Hazırlanması

Ağaç işleri endüstrisinde ve genellikle mobilya üretiminde kullanılan ağaç malzeme farklı işlem basamaklarından geçirilmek suretiyle son ürün haline getirilir. Masif olarak kullanılan malzeme, kesme, biçme, rendeleme, delik delme gibi mekanik işlemler esnasında veya hatalı çalışma gibi farklı faktörler sebebiyle üst yüzey işlemleri açısından

istenmeyen durumlarla karşılaşılabilir. Yüzey işlemleri yapılmadan önce ağaç malzeme yüzeyini kusursuz hale getirmek için perdah işlemlerinin kusursuz olarak yapılması yüzey işlemlerinin kalitesine, estetik değerine ve hatta servis ömrünün uzamasına katkı yapabilecektir. Üstyüzey işlemlerinde iyi sonuç elde etmek için, ağaç malzeme yüzey işleminin türüne göre uygun biçimde hazırlanmalıdır [1]. Hazırlık işlemleri (perdah) yüzey işlemine göre farklı olmakla birlikte belli bir işlem sırasına göre yapılır.

Perdah işlemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [2];

- 1- İlk ve son ıslatma ve kabartma,
- 2- Rendeleme ve sistireleme,
- 3- Zımparalama,
- 4- Ağaç malzeme üzerindeki onarma işlemleri,
- 5- Yüzeydeki kir, yağ, oksidasyon lekeleri, reçine ve tutkal lekesi temizlenmesi,
- 6- Tozlardan arındırılması,
- 7- Zıtlık artırıcı ve azaltıcı işlemler,
- 8- Kusurlu yüzeylerin onarılması.

Yapılacak işlemlerin işe başlamadan önce planlanması ve tekniğine uygun biçimde uygulanması alınacak sonuçlardaki başarıyı artırır. Planlamaların hatalı yapılması, işçilik, malzeme ve süre kayıplarına neden olur. Örneğin, renk açma işi perdahtan önce yapılırsa daha sonra yapılacak işlemler sırasında rengi açılan alanlar bu işlemlerden zarar görebilir [4]. Yüzey işlemlerine yönelik yapılacak hazırlık işlemlerinde iyi planlamanın da bazı durumlarda tek başına yeterli olamayacağı belirtilmektedir [4]. Dolayısıyla yüzey işleminin gerektirdiği ön hazırlık işlemlerinin yapılmasında doğru planlama, uygun alet ve donanım, kusursuz işçilik, itina ve özen gibi diğer unsurlara da dikkat edilmesi gerekmektedir.

Yüzey işlemlerinden istenilen sonuçların alınması için hazırlık, yüzey katmanı uygulaması ile kuruma süresinin bekletilmesi ve ürünün son kullanıcıya ulaştırılmasına kadar olan sürecin bir bütün olarak ele alınmasıyla istenen sonuçlar ancak elde edilebilmektedir. Dolayısıyla üretim sürecinin herhangi bir adımında eksiklik ve yanlışlık yapılması son ürün kalitesini doğrudan etkileyebilecektir.

1.3.2. Yüzey İşlemlerinin Türü ve Seçimi

Ahşap ve ahşap esaslı ürünler çok fazla kullanımdan dolayı yıpranarak eskimekte-dirler. Boya ve vernik uygulaması, ahşap malzemenin zamanla yıpranmasını engellemek ve ahşap malzemeye daha estetik bir görünüm kazandırmak için yapılır. Ayrıca

temizlenebilir bir yüzey elde etmek için, harici etkilere karşı korumak ve estetik değerini artırmak için farklı şekillerde üst yüzey işlemi uygulanır bu işlemlerden sonra görünüş özellikleri de farklılaşır [58]. Ağaç malzemeyi koruma amaçlı yüzeyine çeşitli sıvıların sürülmesine ilk olarak M.Ö. 200'lü yıllarda Çin ve Japonya da vernik ağacından elde edilen sıvı ile yapıldığı bildirilmiştir [4]. Avrupa da vernik türü koruyucu kaplama malzemeleri ile ilgili çalışmaların M.S. 200'de yapıldığı bilinmektedir [4]. Günümüz endüstrisinde ağaç malzemedan üretilen ürünlere uygulanan yüzey işlemleri kullanılan materyal ve görünüş özellikleri bakımından sınıflandırılırsa [4];

- a. Doğal vernikleme,
- b. Ahşap boyası ile renklendirme veya vernikleme,
- c. Lake boya ile yüzey örtücü hazırlama,
- d. Yapay ağaç görüntüsü verme,
- e. Lamine levhalar ile kaplama, olarak gruplandırılabilir.

Natürel vernikleme, ağaç malzemenin rengini, lif yapısını ve görünüşünü değiştirmeden sadece verniklerle koruyucu katman oluşturmak amacıyla yapılan işlemleri kapsamaktadır.

Ağaç boyası ile renklendirme ve vernikleme de, ağaç malzeme önce ağaç boyaları veya renkli şeffaf renklendiriciler kullanılarak renklendirilir, daha sonra şeffaf vernikler ile koruyucu katman oluşturulur [4], [2]. Örtücü koruyucu üstyüzey malzemeleri (opak boyalar) ile yapılan işlemlerde ise ağaç malzeme, koruyucu materyal ile kaplanarak rengi ve lif yapısı örtülür [55]. Bu işlem sanayi uygulamalarında lake boyama olarak bilinir [4].

Yapay ağaç görüntüsü vermek üzere yapılan desen baskı işlemleri, UV sistemlerinin yüzey işlemlerinde kullanılmasıyla hız kazanmıştır. Bu yöntemde kaplamalı ya da kaplamasız yonga/lif levhalara öncelikle macun sürülmektedir. Macun üzerine fon boya uygulaması yapılmaktadır. Fon boya üzerine baskı mürekkepleri kullanılarak görüntüsü verilmek istenen ağaç malzeme lif yapısı baskı tekniği kullanılarak basılmaktadır. Yüzey işlemi, koruyucu katman yapan uygun bir şeffaf son kat verniği ile yapılan işlemlerle sonlandırılır [4].

Lamine kaplama tekniği gerçekte üstyüzey işlemi tanımının dışında kalır. Bu yöntemde yonga/lif levha vb. yüzeylerine laminat kaplanır. Laminat, yapay reçineler ile emprenye edilmiş ve sıkıştırılmış birkaç kat kraft kâğıdının üst yüzeylerinin (overlay) polister-poliüretan vb. polimer yapılı malzemeler ile kaplanması suretiyle elde edilen bir

malzemedir. Farklı desenler ile kullanıcılar için değişik alternatifler sunarlar [4]. Üst yüzey işlemlerinin türünü belirlemede bir diğer önemli faktör de malzemenin teknik kullanımıdır. Özellikle doğrama, pergola, kameriye, park ve bahçe, mobilyası gibi dış hava etkilerine maruz kalan yüzeylerde ağaç malzemenin rutubeti, havanın nemi ve güneş [34], [7] ışınlarının etkisi ile koruyucu katman çok çabuk bozulmaktadır [4].

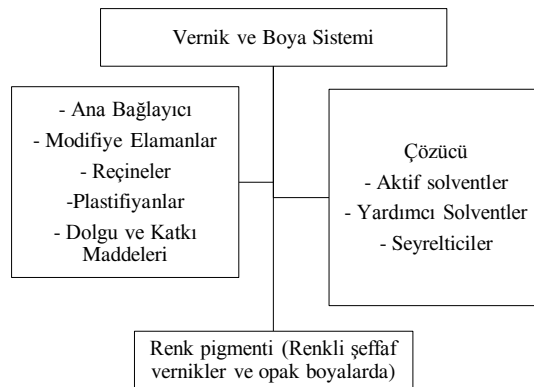
Yüzey işlemi türünün seçiminde dikkate alınacak hususlar [2], [56];

- 1- Yüzey işlemi görececek malzemenin kullanım amacı,
- 2- Yüzey işlemi uygulanacak ağaç malzemenin çevre etkileri altında dayanma süresi,
- 3- Yüzey işlemi muhtemel etkilere karşı yaşlanma etkisi,
- 4- Konstrüksiyonlar üzerine yüzey işlemlerindeki olumsuz reaksiyonlar,
- 5- Yüzey işlemi görececek eşyanın kullanım koşulları,
- 6- Yüzey işlemi için sağlanabilen teçhizat,
- 7- Yüzey işlem maddelerinin sağlanabilme olanakları,
- 8- Yüzey işleri uygulamasının gerçekleştirilebileceği koşullar,
- 9- Yüzey işlemi uygulanacak kişinin becerisidir.

Koruyucu katmanın dayanıklılığını artırmak için güneş ışığını emen veya geri yansıtan pigmentlerin vernik içerisine eklenerek imal edilen UV koruyuculu astar [35], vernikler ve reçineler [7] endüstride hali hazırda kullanılmaktadır. Bu tür pigmentler renksiz ve saydam olabildiği gibi renklide olabilmektedirler [4].

1.3.3. Vernik Sistemleri

Ağaç malzeme yüzeyine koruyucu katman oluşturmak için yağ, mum, cila, boya/vernik gibi malzemeler kullanılmakla birlikte, bunlar içerisinde en yaygın olarak kullanılan verniklerdir [56]. Vernik ve boya sistemlerinin yapısı Şekil 1.4’de gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Vernik ve boya sistemi [56].

Bu nedenle korucu katman ile vernik katmanı özdeşleşmiştir. Kabaca vernik katı madde ve çözücü olmak üzere iki maddeden meydana gelmektedir [2]. Vernik katmanlarının yapısal özellikleri birbirinden farklıdır ve bu farklılığı oluşturan başlıca etmenler verniğin üretiminde kullanılan bileşenlerdir. Bunlardan ana bağlayıcı ve diğer katman yapıcıların değişik tür ve miktarda kullanılması etkili olmaktadır [1].

Selülozik, sentetik, poliüretan, akrilik, polyester vb. gibi isimlerini ana bağlayıcısı olan reçineden alır. Örnek olarak selülozik vernikte ana bağlayıcı olarak nitroselüloz, poliüretan vernikte poliüretan reçine kullanılır [56].

“Bir başka ifadeyle vernikleri genel olarak sınıflandırmak gerekirse [2];

- 1. Hammaddelerine göre; alkid reçinesi verniği, nitroselüloz vernik,*
- 2. Yüzey işlemi uygulama sırasına göre; astar vernik, son kat vernik,*
- 3. Uygulama sistemine göre; püskürtme verniği, daldırma, sürme verniği,*
- 4. Yüzey etkisine göre; parlak vernik, mat vernik, ipek mat vernik vb.,*
- 5. Kuruma ve sertleşme tipine göre; fiziksel ve kimyasal olarak kuruyanlar,*
- 6. Diğer özelliklerine göre; geçirgen vernik, bir veya iki bileşenli vernikler olarak sınıflara ayrılabilirler.”*

“Sertleşme yani kuruma tiplerine göre vernikler üç gruba ayırmak mümkündür [2]:

A- Fiziksel Olarak Kuruyan Vernikler

- 1. Gamlak (Cilas) Vernik,*
- 2. İspirtolu Vernik,*
- 3. Sentetik Vernik,*
- 4. Selülozik Vernik,*

B- Kimyasal Olarak Sertleşen (Kuruyan) Vernikler

- 1. Asitle Sertleşen Vernik,*
- 2. Polyester Vernik,*
- 3. Poliüretan Vernik,*

C- Fiziksel ve Kimyasal Olarak Kuruyan Vernikler

- 1. Su Bazlı Vernik*
- 2. Yağlı Vernik”*

Fiziksel kurumalı verniklerde, çözücü olarak kullanılan sıvı buharlaşma yolu ile yüzeyden ayrılmakta ve kalan ana bağlayıcı madde ve diğer katkı maddeler malzeme yüzeyine nüfuz etmektedir. Selülozik, gamlak, ispirotolu ve kısmen de olsa sentetik vernik bu gruba girmektedir [2]. Çözücülerine göre vernikleri sınıflandırıldığında su bazlı ve solvent bazlı olarak iki guruba ayrılabilir. Solvent bazlı ve su bazlı vernikler Çizelge 1.4’de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1.4. Su ve solvent bazlı vernik sistemlerinin birbirinden farkları [59].

ÖZELLİK	SOLVENT BAZLI	SU BAZLI
Fiziksel Durumu	Tam bir çözelti.	Su içinde yayılmış (dağılmış) tanecikler.
Kaynaşma	Gerek yok.	İyi bir katman elde etmek için genellikle gerekli.
Köpürme	Ciddi bir sorun değil.	Önemli bir sorun. Köpük önleyici veya kesici kullanımına gerek var.
Zeta potansiyeli	Sıfır.	Dikkate değer.
Pigment kullanımı	Pigment kullanımı ve stabilizasyonu daha kolay.	Pigment kullanımı için ıslatmayı artırıcı katkılara gerek vardır ve pigment stabilizasyonu daha zordur.
Katman Oluşturması	Havayla oksitlenme, izosiyanat reaksiyonları, UV ile sertleştirme gibi reaksiyonlarla katman oluştururlar.	Suyun uçurulmasını takiben kaplanacak yüzeydeki polimer taneciklerinin birbiriyle yapışması ile katman oluştururlar.
Katman oluşturma sıcaklığı (Film Formation Temp.)	Herhangi bir kısıtlama yoktur.	En çok veya en az katman oluşturma sıcaklığı belirlenmelidir.
Bağlayıcı reçinenin molekül ağırlığı	Formülasyon viskozitesini çok etkiler.	Formülasyon viskozitesini etkilemez.

Kimyasal kurumalı vernikler ise vernik bileşiminde kullanılan iki ayrı elemanın arasındaki kimyasal reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır. Dolayısıyla reaksiyon süresi tam kuruma süresini belirler. Polyester, poliüretan ve yapay reçine vernikleri bu gruba dahildir [2].

Hem fiziksel hem kimyasal olarak kuruma ise, bağlayıcı madde ile havada bulunan oksijenin kimyasal reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. Genellikle önce fiziksel kuruma kısmı gerçekleşir sonrasında kimyasal reaksiyona dayalı kuruma devam eder. Bu gruba su bazlı vernikler ile yağlı boya ve yağ içeren maddeler girmektedir [2]. [56]’nın çalışmasında sentetik ve iki bileşenli akrilik vernik fiziksel ve oksidasyon reaksiyonu ile kuruyan vernikler grubunda gösterilmektedir.

1.3.3.1. Akrilik Sistem

“1920’li yıllardan beri bilinen akrilik reçineler, asıl ticari etkinliğini II. Dünya Savaşı yıllarında kazanmıştır [60].” “Bu dönemde daha çok emniyetli gözlük camı, transparent pleksiglas, savaş uçağı camı vb. üretimlerinde kullanılmıştır. Üst yüzey materyali olarak ilk yıllarda akrilik çözelti polimeri daha sonralarda ise emülsiyon polimeri şeklinde kullanılmıştır [56].”

“Vernik üretiminde oluşumunu tamamlamış ve tamamlamamış halde olmak üzere iki şekilde kullanılırlar. En önemli üstünlükleri renksiz şeffaf katmanlar vermesi ve katmanın zamanla sararma yapmaması olarak gösterilmektedir [56].” “Tek ve iki bileşenli türleri olmakla birlikte, tek bileşenli türlerinde oluşumunu tamamlamış haldeki kopolimer akrilikler uygun çözücülerde

direkt olarak çözündürülürler. Katmanı termoplastik yapıdadır ve kuruma reaksiyonlarında katalizör kullanılmaz. Dolayısıyla tek bileşenli akrilik vernik olarak bilinirler [56].”

“İki bileşenli (komponentli) akrilik verniklerin birinci bileşeni termoset yapılı akrilik reçinedir. Kimyasal yapılarındaki karboksil ve hidroksil gibi fonksiyonlu grupları nedeniyle tek bileşenli verniklerde kullanılan reçineden farklıdır. Sertleşme reaksiyonları yüksek sıcaklık veya sertleştirici (izosiyanat) ikinci bileşenin katılımı ile gerçekleşir. Tek bileşenliye göre iki bileşenli akrilik verniklerin katmanların sertlik ve katılık değerleri daha yüksektir. Kuru ve ıslak sıcaklıklar ile çözücülere karşı dayanıklıdır [56].”

“Emülsiyon şeklinde hazırlanan akrilik boya/verniklerde, reçine jel halde hazırlanır, yıkanır ve kuruduktan sonra vernik üretimine dahil edilir. Çözücü olarak su kullanılır ve sertleşmelerinde suyun buharlaşması ile olur [56].”

“Ağaç malzeme yüzeylerinde kullanılan akrilik vernikler, tek bileşenli, çift bileşenli ve su çözücülü olmak üzere üç çeşittir. Tek bileşenlilerde fiziksel kuruma, çift bileşenlilerde önce fiziksel sonrasında polimerizasyon reaksiyonu ile devam eder. Toz tutmazlık kuruması, 1-2 saat, zımparalanabilirlik kuruması 24 saat (20°C) ve tam kuruma 2-3 haftada tamamlanır. Ortam süresini artırmak kuruma süresini kısaltabilir. Sertleştirici olarak kullanılan izosiyanatın türü kurumada etkilidir. Aromatik izosiyanatların kurumadaki etkinliği alifatiklerden daha fazladır [56].”

“Katman özellikleri bakımından akrilik verniklerin en önemli özelliği, renksiz, şeffaf katmanlar vermesi ve ilerleyen zaman içerisinde eskime (yaşlandırma) sonucu katmanda sararma olmamasıdır. Uygulama özellikleri poliüretan vernik ile aynıdır. Dolgu katı hazırlanırken, ince tekstürlü ağaç malzeme yüzeyine her katta 100-120 g/m² (kuru film kalınlığı 30-35µ) hesabıyla çapraz 1-2 kat tatbik edilir. Kaba tekstürlü ağaçlarda ise 1 kat daha fazla sürülebilir. Katlar arası bekleme süresi 2-6 saat olup, 24 saati geçen beklemelede yeni vernik uygulaması yapılmadan önce katman mutlaka zımparalanmalıdır. Tozları alınan dolgu katının üzerine son kat vernik uygulaması yapılır [56].”

1.3.3.2. Poliüretan Sistem

“Poliüretan (PU) sistemli vernikler, son yıllarda ağaççileri endüstrisinde ve buna bağlı alt sektörlerde en yoğun kullanım alanı bulan vernik sistemidir. 1950’li yıllardan sonra önemli bir ticari etkinliği olan sisteme ait bilimsel çalışmalara desteklenerek sürekli geliştirilmiştir [56],[61].” “Polimer kimya biliminin sürekli araştırma konusu haline gelen poliüretanlar endüstride hemen hemen bütün sektörlerde yerini almış ve bundan sonrada yerini korumaya adaydır. Daha sonra gelişen sistemlerden birçoğu (akrilik gibi) Poliüretanların farklı versiyonları olarak kabul edilir [56].”

“Ağaççileri endüstrisinde kullanılmak üzere hazırlanmış ve yaygın olarak uygulanan iki komponentli PU vernikler; iki bileşenli bir verniktir. Birinci bileşeni reaksiyon kabiliyeti olan PU reçinenin nitrolu sıvılardaki çözeltisi, ikinci bileşeni ise sertleştirici olarak kullanılan isosiyanattır. İki bileşenli PU verniklerin kuruması için, kurumanın ilk evrelerinde çözücü buharlaşması etkili olduğu, aynı zamanda polimerizasyon reaksiyonunun devam ettiği söylenebilir. Toz tutmazlık kuruması 5-10 dakika, dokunma kuruması 25-30 dakika, zımparalanabilirlik kuruması 2-3 saatte tamamlanabilir. Tam kuruma polimerizasyonun yavaş gelişmesi sonucu 2-3 haftada gerçekleşmektedir. PU verniklerin diğer türlerinde kuruma süreleri değişmekle beraber, tam kuruma süresi çok fazla değişmemektedir [56].”

Ortam sıcaklığının artırılması ve hava sikülasyonu kurumanın ilk aşamasını hızlandırır ama devamındaki kimyasal kuruma süresini değiştirmez. PU verniklerin yaygınlaşmasında sert, esnek, aşınma direnci yüksek [62], suya, deterjana ve kimyasallara karşı dirençli katmanlara sahip olmaları etkili olmuştur.

“PU vernik türlerinin yukarıda sayılan özellikleri dikkate alındığında mekanik etkilere karşı dirençli olmasının yanında ağaç malzemenin çalışmasına da uyum sağlayabilmektedir. Moleküler kohezyonu yüksek olduğundan katmanda çatlama olmaz ve oluşumunu tamamladığı için adezyonu yüksektir. Suya dayanıklı olmasına rağmen devamlı su etkisine maruz kalacak yerlerde kullanıldığında ise, ağaç malzeme yüzeyinin tamamının verniklenerek malzemeye su ve nem girişinin engellenmesi gerekir [56].”

“Bu katman özellikleri dikkate alındığında PU vernik, öncelikle mekanik etkilere, kimyasallara, ısı, ışık ve suya karşı dayanıklı olması gereken yerlerdeki ahşap yüzeylerinde kullanılır. PU vernik her türlü ağaç malzeme yüzeyine uygulanabilir. İki bileşenli PU vernik türleri %12’den fazla rutubetli yüzeylere uygulanmamalıdır. Sürme araçları bakımından sprey tabancası, fırça, rulo gibi tüm aletler ile uygulanabilir. Genellikle dolgu uygulamasında tek katta 120-150 g/m² hesabıyla tatbik edilir ve ince tekstürlü ağaçlarda bu miktar yeterliken kaba tekstürlü ağaçlarda çapraz olacak şekilde 2 veya 3 kat uygulanabilir. Son kat vernik uygulamasında ise 100-120 g/m² (30-35µ) olacak şekilde 2 veya 3 kez uygulama tatbik edilir. Uygulama kuru x yaş olarak yapılır ve katlar arası bekleme 1-3 saat olmalıdır. Çok fazla parlaklık istenildiği alanlarda 2-3 hafta kuruması tamamlanan yüzeylerde PU vernikli katman üzerine pasta polişi ile özel yüzey parlatma işlemleri yapılabilir [56].”

1.3.3.3. Su Bazlı (Çözücülü) Sistemler

Endüstriyel ahşap malzeme için birçok alanda farklı yapıdaki tek bileşenli su bazlı vernik (ST) ve iki bileşenli su bazlı vernik (SÇ) gereçlerinin kullanıldığı bilinmektedir. Bu tür gereçlerin özellikleri geliştirilirken aynı zamanda çevreye ve sağlığa olumsuz etkileri de minimize edilmeye çalışılmaktadır. Bu çerçevede su bazlı ürünlerin özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir [63], [64], [65]. Yapılan ürün modifikasyonları ile ahşap malzemenin maksimum korunması sağlanmaya çalışılırken estetik ve teknolojik özellikleri de aynı zamanda düşünülmektedir [66]. Ülkemizde tüketilen verniklerin büyük bir bölümü solvent bazlıdır. Ancak 1970 yılında ABD’de imzalanmış olan temiz hava anlaşması (clean air act) ile boya uygulamalarında ortaya çıkan uçucu organik bileşiklerin (Volatile Organic Component-VOC) azaltılması ve önümüzdeki yıllarda öngörülen limit değerlerinin düşük tutulması gibi nedenlerle su bazlı vernik ve boyaların önemi artmıştır [67], [68].

“Boya-vernik imalatında çözücü sıvı olarak genelde solventler kullanılmaktadır. Çoğu Avrupa ülkesinde çevre koruma ve insan sağlığı ile ilgili yasalar çerçevesinde solvent kullanımı azaltılmaya çalışılmakta olup bu konuda yaptırımlar mevcuttur. Çözüme yardımcı olmak üzere yapılan hukuki düzenlemeler boya-vernik üretiminde su çözücülü polimerlerin kullanımını hızlandırmıştır. Geçmişte akrilik emülsiyon polimerleri ya da akrilik lateksler olarak bilinen su bazlı boyalar daha çok yapı ve inşaat sistemlerinde kullanılmak için hazırlanmıştır. Bu tip su bazlı boyalar yapı inşaat sistemlerinde yaygın kullanım alanı bulurken, benzer sistemler suyun ağaç ve metal malzemeler ile uyumlu kullanılamayacağı endişesi ile kullanımı kısıtlıydı. Bunun sonucu olarak su çözücülü sistemlerin metal ve ağaç işleri sektörlerine girmesi ve yaygınlaşması hayli yavaş olmuştur [56].”

Su bazlı yüzey işlemi gereçlerinin imalat, tüketim ve kullanımı son yıllar da hızlı artış göstermiştir. Bunun sebebi olarak su bazlı sistemlerin geliştirilmesi ve formüle

edilmesine imkân sağlayan ana bağlayıcı reçinelerin gelişmesiyle açıklanabilir. PU bağlayıcıların ürüne kazandırdığı [69] sertlik, parlaklık, aşınma direnci gibi mekanik özellikler [70], [53] ile kullanım alanlarının [71], [67] farklılaşması ve artması bakımından son derece önemlidir [37]. Su bazlı vernik ve boya gereçlerinin yapısına ait bilgiler Çizelge 1.5’de verilmiştir.

Çizelge 1.5. Su bazlı sistemlere verilen isimler ve yapıları [14] .

Su Bazlı Sistem Verilen Ad	Raf Ömrü	Tanecik Büyüklüğü	Molekül Ağırlığı Sayı Ortalaması (Mn)	Görünüşü	Çözücü İçeriği ve Çözücü Kullanım Nedeni	Stabilize Edilme Şekli
Suyla seyreltilebilen	6-24 ay (Hidrolizlenir)	Çok küçük	< 5000	Şeffaf veya çok az bulanık.	Genel olarak çözünürlüğü sağlamak ve iyi bir film oluşturmak için %20 civarında çözücü kullanılır.	Hidroksil veya tersiyer gibi, polimerin bir parçası olan hidrofil gruplar.
Lateks	Kararlı	0.1-10.0µm	+300000	Yarı şeffaf, opak.	Genel olarak %10’dan az solvent içerirler. Solventin amacı, kuruma esnasında yüzeydeki polimerlerin birbirine yapışarak film oluşumunu kolaylaştırmak.	Polimere bağlı olmayan, polimer dışında yer alan sörfaktantlar veya “initiatör fragmen”leri
Dispersiyon	4-24 ay (Hidrolizlenir)	0.1-1.0 µm	3000-100000	Yarı şeffaf	Genel olarak %2’den az solvent içerirler. Solventin amacı akışkanlığı iyileştirmek, suyun buharlaşması ve kurumayı hızlandırarak düzgün film elde etmektir.	Hidroksil grupları gibi polimere bağlı hidrofilik gruplar
Emülsiyon	+2 yıl	0.1-10.0 µm	> 10000	Yarı şeffaftan süt görünümüne kadar	Genellikle % 0-5 çözücü içerirler. Çözücü emülsiyonu hazırlamayı kolaylaştırmak için kullanılır.	Polimere bağlı olmayan polimer dışında kalan emülsiyonlar ve sörfaktantlar

“Hidroksil (-OH) ve karboksil (-COOH) grubu bulunduran reçineler ile üretilen su çözücülü verniklerde reaksiyonlar genel olarak iki molekülün kaynaşması ya da iki parçaya ayrılmış elamanların iyonları arasında bağ kurulması şeklinde gerçekleşir. Çözelti ve emülsiyon polimerizasyon temel reaksiyondur. Polimerizasyonda monomer damlalarından difizyonla geçen monomerler kuruma süresince polimer taneciklerini beslerken, emülsiyon reaksiyonunda monomer, aktifleşmiş misel ve aktif misellerin bir radikalle polimerleşmesine dayanır [56].”

“İngiltere’den getirilerek ülkemizde pazarlanan ve ağaç malzeme yüzeyleri için hazırlanmış bir su çözücülü vernikte “Akrapol” reçine kullanıldığı belirtilmektedir. Verniğin üretiminde kullanılan reçine polimerleri 1A° büyüklüğünde küresel tanecikler halinde olup, sertleştirici olarak polifonksiyonel azerdine (izosiyanat çeşidi) kullanılmıştır [56].” İzosiyanatların katmanlaşma süreci bağıl nemden etkilenerek gerçekleşir [62].” “Vernik yapısında kullanılan reçine termoset yapılı, vernik ise reaksiyon kurumalıdır. Ağaç malzeme yüzeyine uygulandıktan sonra hava ile temas ettiği andan itibaren moleküller kübik şekle dönüşmeye başlamakta ve kenarlar yumuşayıp polarik çengel gibi uzantılar oluşturmaktadır. Bu çengeller yardımı ile moleküller birbirlerini çekmekte ve su buharı dışında hiçbir şeyin geçişine müsaade etmeyen küpler oluşturmaktadır [56].”

“Verniğin test raporları ile desteklenmiş katman özelliklerinde, çevre dostu ve ISO 9000 kalite belgesine sahip olduğu, su, ışık, mantar ve mikroorganizma etkilerine, BS 476 sınıf l’e göre ateşe,

%25'lik sülfürik asite, %36'lık hidroklorik asite, %47'lik sodyum hidroksite, %80'lik laktik asite ve tuzlu suya dayanıklı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, anti statik (yüzeyin toz-kir tutmaması) özellikte olduğu, -40°C ile +60°C arası sıcaklıklardaki termal şoklara dayanıklı olduğu, UV ışınları emme yeteneğinde olduğu, gıda ambalajlarında kullanıldığında bile zehirli etkisi olmadığı, dikey yüzeylerde kullanıldığında 10 yıl ömrü olduğu, antigrafiti özellikte olduğu belirtilmektedir [56].”

Türkiye’de kullanılan su bazlı verniklere ilişkin yapılan araştırmalarda sertlik değerlerinin fazla olmadığı ve dolayısı ile bu vernik katmanlarının darbe, çizilme ve aşınma direnci gibi mekanik etkilere karşı direncinin düşük olduğu belirlenmiştir [59]. Vernikte çözücü olarak kullanılan su, ağaç malzeme doku kabarmasına sebep olmaktadır [56]. Dolayısıyla bu sonuç tekrar zımpara yapılması ihtiyacını doğurmaktadır. Genellikle dolgu verniği uygulamasında düşük katı madde miktarından dolayı ince bir kuru katman veren su bazlı vernik katmanlarından oluşan koruyucu katmanlara genellikle 200, 400 ve 600 numaralı ince kumlu zımparaların kullanımı uygun olmaktadır.

“Su bazlı vernikler, özellikle tanenli ağaç malzeme yüzeylerinde bir nevi kimyasal renklendirme etkisi yaparak gözle görünür bir renk değişimine de neden olabilmektedir. Bunun sebebi zayıf alkali özelliği olan (pH 8-9) su bazlı verniklerin ağaç malzeme bünyesinde ihtiva edilen tanen maddesi ile etkileşimi sonucu tek aşamalı bir kimyasal renklendirme süreci ile sonuçlandığı bildirilmektedir [61].”

“Uygulamanın yapıldığı ortamdaki havanın sıcaklığı ve bağıl nemi önemli bir unsur olup, sınırlar sıcaklıkta 20°C, bağıl nemde ise maksimum %70 olmalıdır. Su çözücülü boya/verniklerin kuruma süreleri de solvent çözücüler gibi kısa olduğundan, oluşan film katmanı uygulama ve kurutma ortamındaki tozdan olumsuz etkilenir. Bu sebeple su bazlı boya/vernikler toz olmayan uygun şartlarda uygulanmalıdır [56].”

“Diğer taraftan kurutma ortamında sürekli olarak havaya karışan su buharı bir süre sonra havayı doymun hale getirir. Bağıl nemi artan ortamda kurutulmak istenen verniğin kuruma süresi uzar. Bu nedenle sürme ve kurutma ortamının iyi havalandırılarak nem ile doymun hale gelmiş havanın taze hava ile yer değiştirmesi sağlanmalıdır. Taze havanın ortama ısıtıldıktan sonra verilmesi kurutma süresini kısaltır [56].”

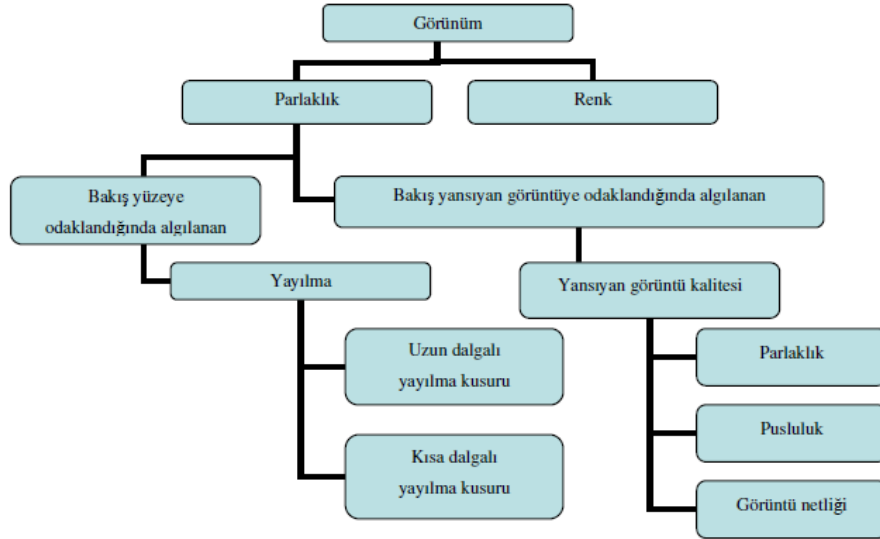
Ülkemizde faaliyet gösteren su bazlı boya/vernik üretici ve kullanıcı işletmelere yönelik yapılan araştırmada, İstanbul, Düzce, Ankara, Kayseri ve İnegöl arasında bulunan 20 üretici 100 kullanıcı işletmeden bilgi toplanarak sektör analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda su bazlı boya/verniklerin halen ağaç işleri endüstrisindeki kullanımında bazı problemlere sahip olduğu, dolayısı ile üreticilerin bu araştırmada öngörülen kusurları gidermeye yönelik AR-GE çalışmalarını artırması ön plana çıkmaktadır [72].

Türkiye ağaç işleri endüstrisinde kullanılan su bazlı vernikler ile ilgili yapılan araştırma çalışmalarının birlikte değerlendirildiği bir derleme çalışmasında; bugüne kadar yapılmış araştırmalar içerisinde daha çok var olan su bazlı vernik/boya gereçlerinin farklı ağaç malzemelerin yüzeylerine uygulanarak katman performanslarının belli standartlara göre incelenmesi üzerinde durulmuştur. Gelecekte yapılacak ürün geliştirme çalışmalarının

kaçınılmaz olduğu ve bu tür çalışmaların şüphesiz disiplinler arası işbirliğini (kimya, malzeme mühendisliği, sanayi, halk sağlığı uzmanları vb.) gerektirdiği ve sonuçta inovatif teknolojik boya/vernik ürünlerinin piyasaya çıkarılması ile yaygınlaştırılmasıyla katma değeri yüksek ürünlerin elde edilebileceği bildirilmiştir [58].

1.3.4. Koruyucu Katmanın Servis Ömrü ve Performansı

Ağaç malzemenin yüzeyine uygulanan vernik veya boya katmanları malzemeye estetik özellikleri kazandırmasının yanı sıra, asıl koruma görevini yerine getirmektedir. Malzemenin kullanıldığı yerde deformasyona uğramadan ilk günkü haliyle uzun süre hizmet sağlaması ancak bulunduğu şartlara karşı dayanıklı olacak şekilde ağaç malzemenin termal modifikasyonu ile veya yüzeyine koruyucu katman uygulanması sayesinde mümkün olabilmektedir. Nitekim ağaç malzeme iç ve dış mekânlarda, nemli, rüzgârlı, güneş ışınları altında, kimyasal malzemelerin bulunduğu yerlerde, zemin, duvar, tavan, taşıt, alet yapımı vb. çok farklı alanlarda kullanıldığı göz önünde bulundurulursa farklı özelliklere sahip koruyucu katman kullanımı gerekmektedir. Kullanılan yüzey kaplama materyaline göre yüzey görünüm özellikleri de Şekil 1.5'deki gibi farklılık arz etmektedir.



Şekil 1.5. Organik yüzey kaplama katmanlarının görünüm özellikleri [14].

Sertleşmiş katmanın görünüm özellikleri Şekil 1.5'de gösterilmektedir. Bu şemadaki yerleşime göre her türlü görünüm özelliği, gelen ışığın hangi yönlerde ve ne oranlarda yansıtıldığına göre saptanmaktadır. Görünümün diğer önemli unsuru olan renk ise, katmandan gözümüze ulaşan ışık huzmelerinin hangi dalga boylarındaki ışınları ne

oranlarda içerdiğine göre değişmektedir [58]. Dolayısıyla bir malzemenin servis ömrünü değerlendirirken mekanik özelliklerinden başlamak üzere fiziksel, teknolojik ve görünüm özelliklerinin ilk günkü gibi kalması arzu edilir. Bu özelliklerdeki eksilme veya gerileme ürünün yaşlanması veya bir başka deyişle eskimesi anlamına gelmektedir.

Koruyucu katmanlara ve ağaç malzemeye ait mekanik, fiziksel, kimyasal ve diğer teknolojik testler uygulanmaktadır. Uygulanan testlerin sonucunda elde edilen verilere dayanarak malzemenin ve koruyucu katmanın servis ömrü ve kullanım yerindeki performansı hakkında öngörüle bulunmak mümkün olabilmektedir. Dolayısıyla yapılacak olan kalite kontrol testleri oldukça önemlidir.

1.4. YAŞLANDIRMANIN KORUYUCU KATMAN ÜZERİNE ETKİSİ

Açık hava şartlarında doğal halde bırakılan ağaç malzeme yüzeyinde ilk olarak sararma meydana gelmektedir. İlerleyen zaman içerisinde dış hava şartlarına bağlı olarak artarak devam eder.

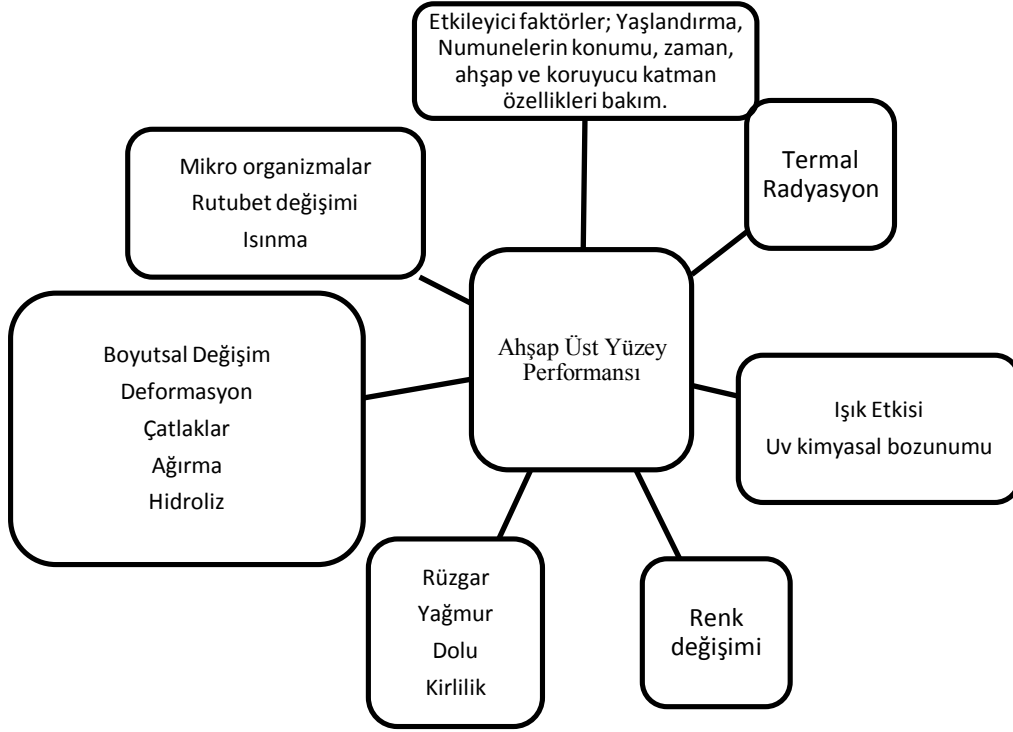
“Dış havaya maruz kalma süresine bağlı olarak, sararan ağaç malzeme yüzeyi daha sonra ağarmakta ve sonuçta koyu renge dönüşmektedir. Ağaç malzemedeki renk değişikliği; 300 ile 400 nm dalga boyundaki UV ışığını absorbe edebilen lignindeki kromoforik grupların modifikasyonu sonucu oluşmaktadır. 396 nm’den daha düşük dalga boyları ağaç malzemenin sararmasında, daha uzun dalga boyları ise ağaç malzemenin ağarmasında etkili olmaktadır. Lignin tarafından UV ışığının absorbe edilmesi, serbest radikal oluşumuna sebep olmaktadır. Bu radikaller, ligninin ve selülozun oksijen varlığında depolimerizasyonuna neden olarak hidroksil karbonil, karboksil ve fenoksil radikali gibi oksitlenmiş radikallerin oluşumuna sebep olmaktadır. Fenoksil radikali ise, hem monomerik hem de oligomerik yapılarıdaki orto veya para kinonların oluşumuna yol açmaktadır. Ağaç malzemedeki oluşan renk değişiminin ise, yüzeylerde bulunan kinonlardan kaynaklandığı belirtilmektedir [73].”

Açık hava şartlarında kullanılacak ahşap malzemeye yönelik yüzey işlemi seçiminde özellikle sağanak yağışlar, güneş ışınları göz önünde tutulmalıdır. Çünkü binanın yönü, yüksekliği ve diğer koruma önlemleri (çatı vb.) çok farklı olabilmektedir. Ağaç malzemedeki rutubetin kaynağını dış kullanımda yağmur ve çığ oluşturmaktadır. Fakat yapı içerisinde de farklı yollardan, örneğin hava rutubetinin artması ve soğuk odaların pencerelerindeki yoğunlaşma da farklı bir kaynak olmaktadır. İki adet cam takılması bu şekildeki yoğunlaşmayı bir dereceye kadar azaltmaktadır. Ağaç malzemenin üretimi sırasında, lif doygunluğu rutubetine yakın miktarlarda neme sahip olması hem ağacın çürümesine yol açar, hem de üzerine uygulanan koruyucu katmanın kısa zamanda deforme olmasına sebep olabilir. Suyun yüzey işlemi uygulanmış ağaç malzemeye giriş yolları farklılık gösterebilir. Örneğin; çatlaklardan girebildiği gibi pencere ve kapıların alt kısımları rutubet girişi bakımından önem taşımaktadır. Cam ve boya macunu, ağaç

malzeme ve boya macunu arasındaki birleşme yerleri ile kapılarla dış cephe kaplamaları arasında ağaç malzemenin enine kesitleri rutubet için giriş kapısı olarak düşünülebilir [2].

1.4.1. Doğal Dış Ortamda Ağaç Malzemenin Maruz Kaldığı Etkiler

Ağaç malzemeye ait koruyucu yüzey katmanının dış ortamda maruz kaldığı etkiler kısaca aşağıdaki Şekil 1.6’da gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Ahşap ve koruyucu sistem yaşlandırmalarında etkili olan faktörler [74].

Açık hava şartlarında ağaç malzemeye etki eden faktörlerin başında güneş ışınları gelir. Güneş ışınları ve dolayısıyla gün ışığı Şekli 1.6’da görüldüğü üzere yüzey katmanını üzerinde birçok olumsuz etkiye sahiptir.

1.4.1.1. Güneş Işığının Etkisi (UV)

Güneş ışınlarının sahip oldukları enerji seviyelerine bağlı olarak odun yüzeyini bozarak parçalanmasına ve yağmurla bazı kimyasal bileşenlerin yıkanarak uzaklaşmasına yol açarlar. Ahşaptaki renk değişikliği genel olarak görünebilir veya görünemez (mor ötesi; UV) dalga boyundaki (270 - 400 nm) ışınların ahşap malzeme kimyasal grupları ile karmaşık fotokimyasal reaksiyonlar vermesi olarak açıklanmaktadır. Özellikle kısa dalga boylarındaki ışınlar ağaç malzemenin makro moleküllerini ve sentetik reçine bağlayıcı maddelerini yavaş yavaş parçalamakta ve katmanı oluşturan moleküller

mekanik ve rutubet etkisiyle dayanıksız hale gelmektedir. Malzeme ve yüzey işlemlerinin dayanıklılığı için kısa dalga boyundaki ışınların ağaç malzemeyle temasının engellenmesi amaçlanır. Bunun için ışığı geçirmeyen pigment veya katkı maddelerini içeren bağlayıcı maddeler ile ağaç malzeme yüzeyinin kaplanması ile sağlanabilir [2], [14].

UV radyasyonu faydalı etkilere sahip olduğundan farklı amaçlarla kullanılabilir. Örneğin işlenmiş ahşap üzerindeki ezilmiş ve hasar görmüş liflerin yüzey tabakaları, UV lazerlerle kolayca temizlenebilir, bu da kaplama ve yapıştırıcıların daha iyi bir şekilde uygulanmasına yol açar [75].

Bununla birlikte, opak boyalardan farklı olarak, verniklerdeki şeffaf katmandan ahşap yüzeye nüfuz eden ultraviyole (UV) güneş ışığının bileşeninden koruma sağlayamazlar, bu da ışığın fotodegradasyonuna ve sonuç olarak katmanın bozunmasına neden olur [76].

Güneş spektrumunun UV bölümünün yanı sıra, menekşe/mavi bölgeleri de ahşabın bozunmasına önemli ölçüde katkıda bulunur. Bu, açık kaplamaların optik özellikleri üzerinde iki rekabetçi talebin yapıldığı anlamına gelir. Bu sonlandırma malzemeleri, odunun doğal görünümünü korumak için spektrumun görünür kısmında yüksek düzeyde geçirgenlik gösterir. Bu, ahşap alt tabakaya daha fazla fotokimyasal stabilize kazandırılmadığı sürece, dış mekan uygulamalarında saydam yüzeylerin etkinliği hakkındaki bazı çekinceleri doğurmaktadır [76].

1.4.1.2. Rutubet (Nem)

Dış ve iç ortamlarda kullanılan ağaç malzemeyi etkileyen önemli faktörler arasında mantar ve mikroorganizmalar gibi biyolojik faktör bulunur. Ağaç malzeme rutubetinin %20'yi aşmasıyla hava hareketi ile mantar sporlarının kolayca dağılabilmesi ağaç malzemenin çürümesini, yağlı boya ve ağaç materyal üzerinde küf mantarlarının oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Pencere ve dış kapılarda çürümeye neden olan kaynak, ıslak çürüklük yapan (*Fomes fomentarius* (Linn.) Kickx., *Stereum hirsutum* (Mill d.) Pers.) mantarlardır. Farklı tür ağaçların çoğunun özodun kısmı içerdiği maddelerden dolayı doğal dayanıklılıktadır. Ancak tüm ağaç türlerinin diri odun kısmı biyolojik zararlıların arız olmasıyla kolaylıkla çürütülebilmektedir [2].

[77]'nin çalışmasında dış ortama bırakılan odun yüzeyinde değişime neden olan ana sebebin, rutubet olduğu, yağmur ve çiğ gibi etkileyici faktörlerin odun yüzeyine kapiler hareketle absorbe edildiği, odundaki bağıl nemin absorpsiyonla gittikçe arttığı bildirilmiştir. Böylelikle odunda rutubetin yükselmesinden dolayı yüzey ve iç kısmında

artan bir şekilde eğilme ve çatlama ve çatlamaların meydana geldiğini, bunun sonucu olarak da koruyucu katmanın ve odunun bozunmasına neden olduğu bildirilmiştir.

1.4.1.3. *Sıcak ve Soğuk Etkisi*

Ahşap malzemenin kullanıldığı ortamın sıcaklığının azalması ve artması ile higroskopik özelliklere sahip odun tarafından absorbe edilen suyun donma ve gevşemesinin çatlamlara sebep olduğu ve böylece üst yüzey işlemi ve odunun zarar gördüğü bilinmektedir. Tüm bunların sonucunda yüzey işlemi katmanının özelliklerinde fiziksel, kimyasal, biyolojik, mikroskobik değişiklikler ve bozunmalar olabilmektedir. Dolayısıyla yüksek veya düşük sıcaklıkların ahşap malzemeye ve koruyucu yüzey katmanı üzerindeki etkisi oldukça önemlidir.

1.4.1.4. *Asit Yağmurları Etkisi ve Hava Kirliliği*

Yaz aylarında odundaki yaşlanma etkisi üzerinde güneşin radyasyon etkisinin oldukça şiddetli olduğu; kış aylarında ise havadaki sülfür dioksit oranının fazlalığının, odunun yüzey bozunma hızını arttırdığı bildirilmiştir [37].

Farklı ağaç malzemeler üzerine yapılan araştırmada xenon arc lambası kullanılarak asidin yüzey bozunumu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Test örnekleri periyodik aralıklarla hava etkisi cihazında farklı pH derecelerinde sülfürik asit ve nitrik asit çözeltisi ile muamele edilmiştir. Kontrol grubu ile yapılan karşılaştırmalarda pH=3 asit ile muamele görenlerde %10, pH=3.5’de %4 bozunma meydana gelirken; pH=4 ile muamele edilenlerde bozunma görülmediği bildirilmiştir [37].

Güneş’in sahip olduğu radyasyon etki şiddeti özellikle yaz aylarında odunun bozunumunda önemli rol oynamaktadır. Kış aylarında ise odun yüzeyindeki bozunum derecesindeki artışın, çeşitli nedenlerden dolayı atmosferdeki sülfür dioksit yükselmesi olarak gösterilmiştir. Doğal atmosferik koşullarda asit yağmurundaki asit yoğunluğunun etkisi ile oluşan bozunum, önce yüzey koruyucu katmanında (vernik, boya v.b) akabinde ise ahşap malzeme de görülebilmektedir. Ağaç malzemenin bozunum derecesinin koruyucu katmanın veya maddenin direncine bağlı olduğu bildirilmiştir [74].

1.4.1.5. *Diğer Etkiler*

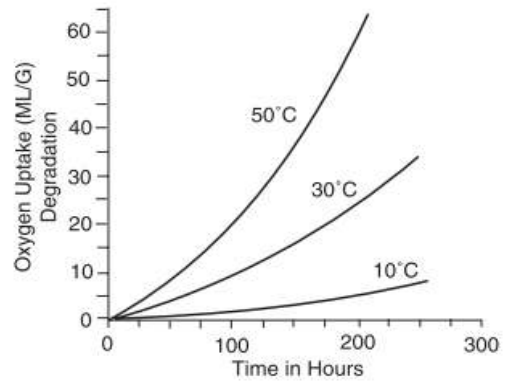
Tek başına ortamın sıcaklık artışı, nem, çığ, soğuk, donma, ısı, su ve UV ışığı gibi etkili dış ortam faktörü olmasa da; fotokimyasal ve oksidatif reaksiyonları artırmaktadır. Absorbe edilen suyun donması da çatlama olayına katkı da bulunabilir. Rüzgâr, kum ve

çamur gibi faktörlerin neden olduğu aşınma ve mekanik olaylar, yüzey deformasyonunu önemli ölçüde etkilemektedir [6].

Modifiye edilmiş ahşabın mikro yapısı veya mikro morfolojisi ile ilgili çalışmalar, fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlayabilir. Ahşap modifikasyon işlemlerinin bazıları, ağaç mikro yapısında önemli değişimlere yol açabilir. Örneğin odun hücre duvarlarındaki küçük çatlaklar ve hücreler arası ayrımlar, odundan yapılan son ürünlerin birçok özelliğini etkileyebilir. Polimer dolgulu hücre lümeninin seviyesi ve dağılımı, reçine emdirme ve polimerizasyona dayalı odun modifikasyon kavramları için oldukça önem arz eden diğer mikro yapısal özellikleridir. Modifiye edilen ahşabın fiziksel, mekanik, teknolojik ve dayanıklılık özellikleri ile ilgili birçok çalışma ve inceleme yayınlanmıştır [113].

1.4.2. Doğal Dış Ortam Yaşlandırma Testleri

Yüzey işlemleri sistemi uygulanmış olan materyal yüzeylerin dış ortam direncini ölçmek amacıyla yapılan en güvenilir testler; doğal ortamda yürütülen testlerdir. Bu amaçla, dış ortam testleri, yüzey işlemleri sistemi katmanının kullanılacağı ortamlarda yapılabileceği gibi, tahrip edici etkilerin, yıllar genelinde kararlı ve şiddetli biçimde yaşandığı bazı bölgelerde inşa edilen Şekil 1.7 ve Şekil 1.8'deki test istasyonları yapılabilmektedir [78].



Şekil 1.7. Siyah kutu yaşlandırma platformu üzerine sıcaklık etkisi [79].

Doğal test ortamlarındaki etkiyi artırarak test sürelerini kısaltmak amacıyla test istasyonlarına, bazı düzenekler yerleştirilmektedir. Bu yöndeki yaygın bir yöntem, doğal test ortamlarına aynalar Şekil 1.7'de olduğu gibi konumlandırılarak, maruz kalınan ışık etkisini artırmayı hedefler. Bu yöntem, çoklu yansımanın artırdığı sıcaklık nedeniyle bağıl nemin düşmesine yol açtığı için, panellerin üzerine aralıklı olarak saf su püskürtülmek suretiyle nemin tahrip edici etkisinin artırılması da sağlanmaktadır [34].

Doğal dış ortam yaşlandırma testlerinde kullanılan cihazlar, yaklaşık 85 yıldır kullanılmaktadır. Bilim insanları tarafından yüzey işlemi maddesi üreticileri ve kullanıcıları arasında ortak uygulamalar yapmak amacıyla bazı test bölgeleri standart olarak belirlenmektedir [78]. Mesela Florida bölgesinde bulunan test düzenekleri Şekil 1.7 ve Şekil 1.8’de yer almaktadır.



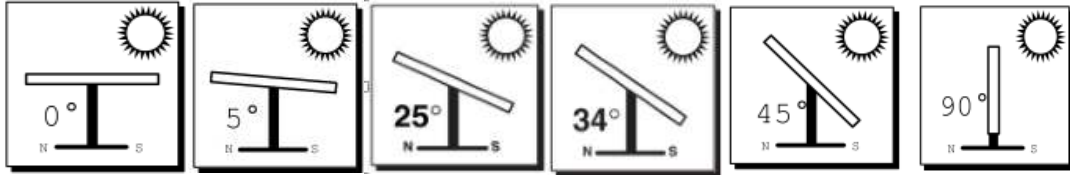
Şekil 1.8. Dış ortamda güneş ışınının ayna ile parça üzerine yansımaları [80].

Florida yapılan test istasyonlarında bir yılda oluşan yaşlanma miktarının, Orta Avrupa’ya göre iki yılda oluşan yıpranma miktarıyla benzer düzeyde olduğu belirtilmiştir [63]. Dolayısıyla coğrafi farklılıkların yaşlandırma üzerinde farklı oranlarda etkisi vardır. Her bölgenin kendine özgü ve değişken olmakla birlikte dış ortam yaşlandırma testlerinin yapıldığı yere özgü farklı etkileri mevcuttur. Türkiye için, tüm bölgelerin hava ve iklim şartlarına bağlı yaşlandırma etkisinin belirlenmesi ve bu bilgi bankalarının oluşturulması gerekmektedir. Kullanım yerindeki koşullarının ahşap malzeme üzerine yaşlandırma etkisi olacağının bilinmesi kullanıcılara önemli faydalar sağlar.

Bu bağlamda dış ortamda yapılan yaşlandırma işlemleri çok uzun zaman aldığı için hızlandırılmış yaşlandırma testleri alternatif çözüm olarak ortaya çıkmıştır [14]. Farklı yaşlandırma teknikleri ile oluşturulan düzenekler bazı değişkenler esas alınarak tasarlanmaktadır. Bu değişkenler; günün zamanı, yılın zamanı, enlem, rakım, hava koşulları, yerleşim, yerel coğrafi özellikler gibi rüzgâr, çığ, sıcaklık gibi birçok değişken faktörlerdir [78], [88]. Bulunan bölge hatta konum, rakım, iklim koşulları vd. unsurlar dış hava koşullarını oluşturmaktadır.

Doğal ve hızlandırılmış doğal dış ortam testlerinin yapıldığı yerde deney örnekleri konumu Şekil 1.9’da olduğu gibi farklı açılarda olmak üzere yerleştirilebilir. Genellikle deney örneklerinin konumu belirlenirken kullanılacak son ürünün kullanım yerindeki pozisyonu dikkate alınarak karar verilir. Örneğin zeminde kullanılacak ahşap 0° veya 5°,

çatılarda kullanılacak ahşap malzeme 25-45° arasında, binalarda dış veya iç duvar cephe kaplaması olarak kullanılan ahşap malzeme yer düzlemine 90° dik olacak şekilde konumlandırılır. Ayrıca deney platformunun konumu kuzey-güney yönü esas alınarak yerleştirilebildiği gibi doğu-batı istikameti doğrultusunda da konumlandırılabilir. Dış ortamda koruyucu katman ile korunmamış malzemeler korunmuş malzemelere nazaran daha hızlı ve farklı şiddette tahribata ve yaşlanmaya uğramaktadırlar.



Şekil 1.9. Dış ortamda Güney yönünde farklı açılarda yerleştirilen raflar [80].

Hızlandırılmış UV yaşlandırma ışın süresi ve nem süresinden oluşur. Hızlandırılmış UV yaşlandırmadaki sıcaklık ve nem bozunmayı hızlandırır [80], [81]. Dış ortama bırakılan odunda fotokimyasal bozunma, güneş ışığının da etkisiyle odun yüzeyinde hızlıca meydana gelir. Yapılan bir çalışmada parlaklık ve renk değişimlerinin doğal ve yapay yaşlandırma etkisi altında kalan örneklerde, kısa zaman içerisinde kolayca gözlemlenebildiğini; bazı yabancı ağaç türleri üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarına göre ilk aylarda kaybettikleri parlaklıklarını, 6. ay'dan sonra yeniden kazandığını, bundan sonraki 6 ayda parlaklığın tekrar azaldığı bildirilmiştir [82].

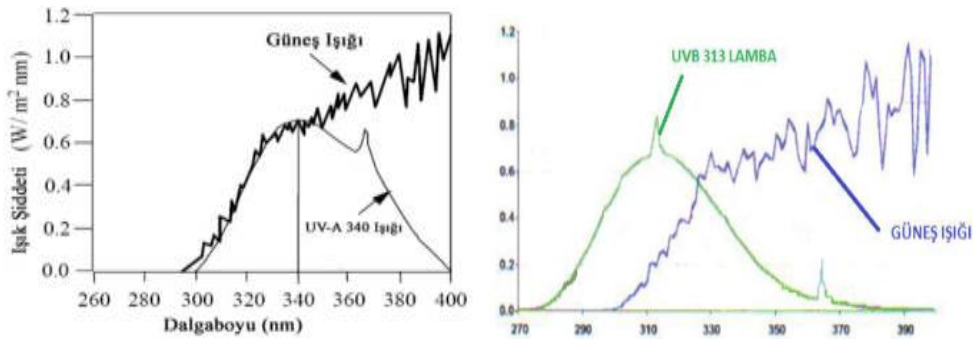
Dış ortamda bırakılan odunda önce renk değişimi sarımsı ve kahverengi iken, sonrasında kül rengine dönüşür. Bu renk değişimleri odun yüzeyindeki hücrelerin lignin yapılarının bozunmasından kaynaklanır [83], [84]. Odun yüzeyindeki bu değişim 0,05-2,5 mm derinlikte de meydana gelir. Odunda kimyasal değişim güneş ışınlarının özellikle UV ışınlarının etkisiyle olur ve özellikle lignin yapısının tahribata uğramasıyla da sonuç olarak renk değişimi oluşur [74].

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, çiğ, ıslanma ve diğer iklimik şartlar içindedir. Bir araya gelmiş elementlerin hareketi farklı yollarla bozunma yapar, ışık bozunmayı hızlandırır, su da odunu etkiler [74], [83].

1.4.3. Yapay (Hızlandırılmış) Yaşlandırma (Laboratuvar Ortamında)

Yüzey katmanı oluşturulan malzemelerin, dış ortam dayanımlarının belirlenmesi için hızlandırılmış laboratuvar testleri ve doğal ortam testleri uygulanır. Beklenti boya ve vernik katmanının yıllar boyu sürecek dayanıklılığını ölçmek olduğu düşünüldüğünde; uzun sürecek doğal ortam testlerinin sonuçlarını beklemek çok uzun zaman alacağından, hızlandırılmış yapay yaşlandırma testlerine başvurulur [13], [14],[78], [85], [88].

Dış ortam etkisini benzeştirme amaçlı hızlandırılmış laboratuvar testleri; güneş ışığının, sıcaklık farklılıklarının ve nem yoğunlaşması+yağmur etkisini taklit eden çevirimler içerir [85]. Morötesi (UV), görünür ve kızılötesi (infrared) bölgeleri güneş ışınlarının zarar veren bölümü UV bölgesinde 295 nm'ye kadar olan kısa dalga boylarıdır. Atmosferin çözücü özelliği nedeniyle sadece %5-7'ye kadar UV ışını yeryüzüne ulaşır. UV ışını üçe ayrılır: UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) ve UV-C (200-280 nm)'dir. UV-C en çok zarar veren dalga boyu olmasına rağmen atmosfer tarafından emilir. UV-B, UV-A'dan daha fazla zarar vericidir [13], [80].



Şekil 1.10. UV-A ve UV-B floresan lambaların ışık dalga boyları [79], [86].

UV-A ve UV-B bölgeleri yüzey işleme sistemi katmanında bozunmaya neden olurlar. UV-B bölgesinde daha kısa dalga boylu enerji olan 91-102 kcal/mol en yüksek bozunmaya sebep olur. UV-B bölgesindeki enerji seviyesi polimer kaplamalarda karbon-nitrojen, karbon-karbon, nitrojen-hidrojen, karbon-oksijen, karbon-hidrojen bağlarını kırarak düzeydedir. UV-A bölgesinde daha uzun dalga boyları olup, 71-91 kcal/mol'lük enerji karbon-nitrojen bağlarını kırarak güçte değildir [14], [74], [80].

Hızlandırılmış testler ile doğal iklim koşulları karşılaştırıldığında benzer sonuçların elde edildiği görülmüştür. Testlerde UV ışığına daha yakın ışıma yaptıkları ve katmanlarda keskin değişiklikler meydana getirdikleri için genellikle, güneş ışığı karbon lambası, xenon arc lambası ve floresan lambaları tercih edilir [13]. Işığın iklim etkisini

hızlandırmak için civalı ışık kaynağı, açık ve kapalı karbon ışık kaynağı, floresan lamba ve güneş ışığının yoğunlaştırılıp yansıtılması yöntemleri kullanılır [79].

Dış mekân yaşlandırma rafları ve hızlandırılmış yaşlandırma odaları, hava koşullarına dayanıklılık açısından malzemelerin test edilmesine yönelik iki ana yöntemdir. Zaman kavramının çok önemli olduğu endüstriyel dünyada, dış hava koşullarına maruz bırakılan deney malzemelerine ait test sonuçları çok uzun süreler alabilmektedir [14]. Bu nedenle, birçok ürünün uzun süreli dış mekân dayanıklılığı hakkında veri sağlamak için hızlandırılmış (yapay) laboratuvar testlerine ağırlık verilmiştir [78], [87], [88].

1.4.3.1. Florasan Lamba (UV) ile Yaşlandırma Uygulamaları

UV Testi, UV ışınları yayan lambalarla, yüzeyde yoğunlaşan nemin etkilerinin ardışık periyotlarla uygulandığı test kabinlerinde yapılır. Kullanılan ve UV ışını yayan floresan lambaların içerdikleri dalga boyları güneş ışığına göre daha yüksek enerji içermektedir. Dolayısıyla, testin, doğal dış ortamda hiçbir zaman gündeme gelmeyecek tahribatlara yol açması söz konusu olabilmektedir. Ancak, tüm benzeşim sorunlarına rağmen Şekil 1.11'deki UV test cihazları yaygın olarak kullanılmaktadır [78], [88].



Şekil 1.11. QUV ve xenon arc yaşlandırma test cihazları [88].

UV ışınları UV- A, UV- B ve UV- C olmak üzere üç tiptir [80].

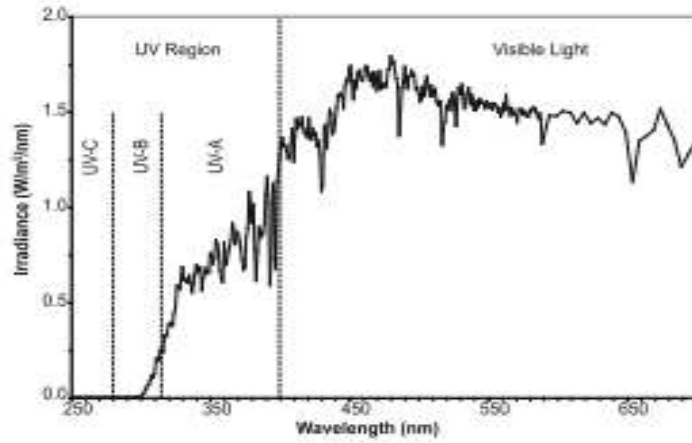
UVA (315-400 nm): Ozon tabakası tarafından filtre edilmez.

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 UV-C ışınları (280 nm'den küçük) ise, atmosferdeki ozon tabakası tarafından filtre edilir ve dünyaya ulaşamazlar [74]. QUV test cihazı lambalarının tümü, görünür veya kızıl ötesi ışıktan ziyade esas olarak ultraviyole ışık yaymaktadır. Bu lambaların tümü, elektriksel anlamda 40 watt'lık sıradan bir floresana eş değer olmaktadır. Bununla birlikte, her bir lamba tipi, yaydıkları UV

enerjisinin toplam miktarı ve dalga boyu spektrumları konusunda farklılıklar göstermektedir. Floresan UV lambalar ve gün ışığı dalga boyları, Şekil 1.12’de gösterildiği gibi, ışıma bölgelerine bağlı olarak UV-A [89], UV-B ve UV-C lambalar olarak kategorize edilirler [90], [80].



Şekil 1.12. Güneş ışığı spektrumu [80].

UV-A lambalar özellikle farklı tipteki polimerlerin karşılaştırılmasında son derece kullanışlıdır. UV-A lambalarda normal 295 nm’lik solar kesim noktasının altında herhangi bir UV çıkışı olmadığından, bu lambalar malzemeleri UV-B lambalar kadar hızlı bozmamaktadırlar. Bununla birlikte UV-A lambalar gerçek dış ortam yaşlandırmasıyla çok daha iyi bir eşleşme sağlamaktadır [88].

[91]’in çalışmasında, yüksek parlaklığa sahip poliüretan boyanın QUV-A tipi lamba kullanılan cihazda ve alternatif yaşlandırma türü olarak tuzlu su spreyi ve yoğunlaştırılmış nem ve sis koşullarında oluşan tahribat kıyaslanmıştır. QUV cihazında yapılan yaşlandırma sonucunda PU boyalı yüzeyde kabarcık oluşumu, pürüzlülükte artış ve yüzey parlaklığından düşüş meydana geldiğini ve diğer yaşlandırma (QUV/Prohesion) türünden daha tahrip edici sonuçlar elde edildiğini bildirmiştir.

[92]’nin çalışmasında UV-A tipi lamba ile 17 hafta (2856 saat) süreyle yapılan yaşlandırmada PU son kat boya yüzeyinde kabarcıklar oluşturduğu ve sonrasında yüzeydeki katmanın bozularak parlaklığın azaldığı bildirilmiştir. Kaplama bozunması sırasında kaplamada hidrofilik grupların birikmesinin, kaplama sistemine su emilimini teşvik ettiği, daha sonra alternatif kuru ve ıslak ortamın, ozmotik hücrelerin oluşumuna neden olduğu ve böylece kaplama yüzeyleri üzerinde kabarcıklar oluşturduğu bildirilmiştir [92].

UV-B ışınımı yeryüzünün yüzeyinde mevcut güneş ışığının en kısa dalga boylarını içermektedir. Bu nedenle hızlı ve düşük maliyetli sonuçlar için, kalite kontrol ve Ar-Ge bölümleri tarafından çoğunlukla floresan UV-B lambaları kullanılır. Tüm UV-B lambalar doğal olmayan, 295 nm’lik solar kesim noktasının altındaki UV kısa dalga boylarını da yaydıklarından, normal olmayan aşırı tahrip edici sonuçlar ortaya çıkabilmektedir [74].

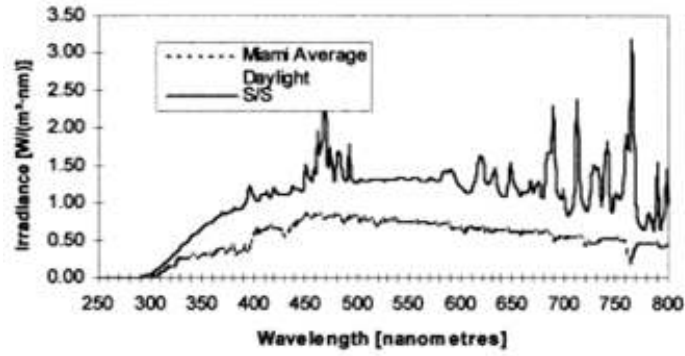
UVA-340 lambaları kullanılarak yapılan 2000 saatlik yaşlandırma da, test edilen 15 farklı materyallerin açık havada görülen bozunmaya uyumu; yaşlandırma ortamına nem dahil edildiğinde 10 tanesinde uyumlu, nem dahil edilmediğinde ise sadece 5’inde dış ortam bozunması ile uyumlu olduğu bildirilmiştir [81]. Başka bir çalışmada QUV-B 313 floresan lambasının kullanıldığı yaşlandırma düzeneğinde, polimerik kaplama malzemelerinin, 2688 saatlik doğal yaşlandırmasının, yaklaşık olarak 100 saatlik yapay yaşlandırmaya karşılık geldiği bildirilmiştir [64]. Yapılan başka bir araştırmada 2400 saatlik yaşlandırmanın 4-5 yıl süreye tekabül ettiği bildirilmiştir [149]. Bu bilgi kapsamında çalışmada uygulanan 144 saatlik sürenin 3,6 aya, 288 saatlik sürenin 7,2 aya ve 432 saatlik sürenin ise 10,8 ay’a, 576 saatlik yaşlandırmanın ise 14,4 aya tekabül edebileceği söylenebilir.

Yapılan diğer çalışmada, yapay hava koşulları etkisinin belirlenmesi için Afrika’da yetişen tropikal ağaç türlerinin yaşlandırma sonucundaki renk değişimi incelenmiştir. Daha çok dış mekânlarda teras tahtası, bahçe mobilyası vb. alanlarda kullanılan, doussie (*Azalia sp.*), iroko (*Milicia excelsa (Welw.) CCBerg.*) ve opepe (*Nauclea diderrichii (De Wild. & Th.Dur) Merr.*) gibi ağaç türleri seçilmiştir. Test edilen ağaç türleri başlangıçta daha açık olan renklerin koyulaştığı belirlendi. Bu renk değişim süreçleri ağaç türlerine bağlı olarak ve değişik oranlarda gerçekleşmiştir. Toplam renk değişiminin en geniş aralığı *Azalia sp. (azalia)* odununda meydana geldiği ve en fazla renk değişimin yapay yaşlandırma sürecinin başlangıcında gerçekleştiği bildirilmiştir [93].

1.4.3.2. Xenon Arc Lamba ile Hızlandırılmış Yaşlandırma Uygulamaları

Güneş ışığı etkisinin xenon-ark lambalarıyla benzeştirilmeye çalışıldığı xenon test cihazlarıyla, UV’ye göre biraz daha uzun süren ancak gün ışığına en yakın yaşlanma etkisi olan ve daha güvenilir sonuçlar veren testler yapılabilmektedir. Güneş ışığının tahrip edici etkisinin “Karbon Kıvılcım Lambaları” kullanılarak yaratılabildiği Gün Işığı Weatherometreleri (Sunshine Weather-ometer: SWOM) de yaygın kullanılan bir diğer cihaz türünü oluşturmaktadır. SWOM testleriyle elde edilen sonuçların, yüzey işlemi katmanının doğal ortamdaki dayanım davranışlarıyla önemli benzerlikler gösterdiği

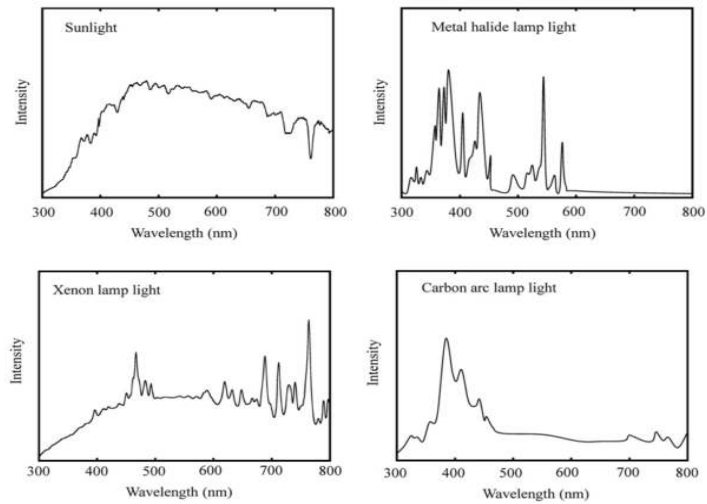
bilinmektedir [94]. Şekil 1.13’de Miami bölgesindeki gün ışığı ile xenon arc lambası ışınlarına ait karşılaştırma grafiğine yer verilmiştir.



Şekil 1.13. Xenon arc lambası ile Miami’deki güneş ışının karşılaştırılması [79].

Xenon-ark lambasını kullanarak yapılan çalışmada; (>295 nm)’den daha büyük bir filtre takılmış xenon-ark lambasının, doğal dış ortam koşullarındaki yaşlandırmaya çok yakın bir benzerlik değeri sağladığı bildirilmiştir [13].

Borosilikat dahili ve harici filtrelerin kullanılması durumunda; ışınım spektrumu Şekil 1.13’de görüldüğü gibi doğal ışık kaynağına benzerlik gösterir. Veriler, xenon-ark lambasının kullanıldığı yaşlandırmadaki bozunumun, UV-Florasanolı yaşlandırmadan, daha yüksek olduğunu göstermiştir [95]. Şekil 1.14’de farklı lambalara ait yoğunluk dalga boyları verilmiştir.



Şekil 1.14. Farklı yaşlandırma lambalarının yoğunluk şiddeti [96].

1.4.3.3. Termal (Isıl) İşlemlerle Hızlandırılmış Yaşlandırma Uygulamaları

Deneysel çalışmalarda kullanılan örneklerin sıcaklıkları yükseltildiğinde; sıcaklık, oluşacak her çeşit kimyasal işlemi aynı derecede etkilemez. Aktivasyon enerjisi; polimerlerin termal tahribatının ilk aşamasıdır. Sıcaklık yükseldiğinde termal tahribat boyunca oksidasyon ve hidroliz reaksiyonları aynı paralelde devam eder. Eğer aldıkları enerjiyle molekül bağları koparsa dönüşümsüz şekilde değiştirilirler. Örneğin, oksijen molekülden bir parça kopartır ve onu karbondioksit, su ve formaldehit gibi gaz haline dönüştürebilirse, dağılan orijinal moleküller kendilerini tekrar tamamlayamazlar. Sıcaklık özellikle ortamda rutubet olması halinde daha etkilidir. Saf sıcaklık etkisiyle oluşan tahribata termoliz, termolitik ya da pirolitik tahribat denir. Bu reaksiyon şartlarında oksijen işlem dışı tutulmuştur. Aslında termal tahribattan söz ederken bu tür reaksiyonlardan daha çok, termaloksidatif tahribat akla gelir. Bu tür reaksiyonlar ise oksijenin katıldığı ya da bulunduğu termal destekli reaksiyonlardır. Aslında yüksek sıcaklıklarda birbirleriyle bağ kurarak sertleşmeye başlayan polimerlerde bile sıcaklık 32 °C’de sabit tutulursa önemli bir bağ kopması gözlemlendiği bildirilmiştir [13], [14], [78].

1.5. ISIL İŞLEM

Isıl işlem, odunun 100 - 250°C arasında normal atmosfer, azot gazı veya herhangi bir inert gaz ortamında belli bir zaman bekletilmesi olarak tanımlanmaktadır. Ağaç malzemenin kimyasal maddelerle modifikasyonunda özel işlem teçhizatları, teknik kurutma ve farklı bir kalite kontrol gerekirken, ısıl işlemde bütün bunlara gerek duyulmamakta, ayrıca kimyasal maddelerin çevreye ve insan sağlığına vereceği zararlar önlenmektedir [97].

Ağaç malzemenin ısıl işleme tabi tutulmasındaki amaç iki temel esas için yapılmaktadır. Birincisi odundaki denge rutubet miktarının azaltılması ve buna bağlı olarak odunun çalışmasını en az seviyeye çekerek boyutsal sabitlik kazandırmak, ikincisi de odunu tahrip eden organizmalara karşı biyolojik direncini arttırmaktır [98]. Ayrıca, ısıl işlem odunda permabiliteyi artırarak, emprenye maddelerinin ve boya/vernük gibi koruyucu katmanların performansını artırmayada olanak sağlamaktadır [99].

Ağaç malzemeye uygulanan ısıl işlem süreci bilimsel olarak önce Almanya’da 1930’lu yıllarda Stamm ve Hansen tarafından gerçekleştirilmiştir. Akabinde 1940’lı yıllarda ABD’de White ve 1950’li yıllarda Almanya’da Bavendam, Runkel ve Buro tarafından uygulanmıştır. 1960’lı yıllara gelince Kollman ve Schneider yaptıkları araştırma

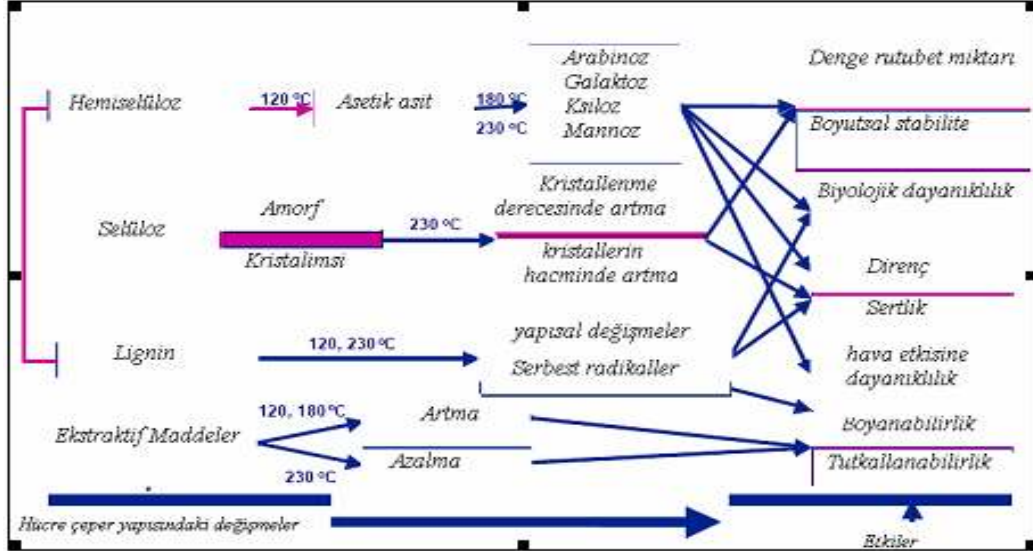
sonuçlarını yayımlayarak bilimsel alanda daha çok kişinin ilgisini toplamışlardır. Benzer araştırmalar özellikle 1990'lı yıllardan sonra Finlandiya, Fransa ve Hollanda'daki bilim insanları tarafından yoğunlaşarak sürmüştür. Isıl işlem ile ilgili birçok araştırma Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından günümüzde de devam etmektedir. Odunun ısıyla muamelesi farklı birkaç metotla (Hollanda-Plato yöntemi, Fransa-Retification ve Le Bois Perdure, Almanya-Yağla ısı muamele, Finlandiya-ThermoWood) yapılmasına rağmen en çok kullanılan metot VTT tarafından geliştirilen "ThermoWood" olarak adlandırılan muamele yöntemidir [98], [100].

Isıl işlem esnasında uygulanan sıcaklığın artması ile ağaç malzeme gittikçe hidrofobik (su itici) bir yapı kazanmaktadır. Böylelikle odun biyolojik zararlıların etkilerine karşı daha dirençli bir hale gelmektedir. Bunun yanı sıra ısı işlem görmemiş ağaç malzemeyle kıyaslandığında daha iyi bir boyutsal stabilite kazanırken sertlik değerleri artmaktadır [98]. Ağaç malzeme daha hidrofobik olduğundan su tarafından ıslanabilirliği azalır. Çevre kirliliğini ve odun modifikasyonu maliyetini azaltmak suretiyle alternatif bir odun koruma yöntemi olarak değerlendirilen ısıl işlemin avantajları gibi dezavantajları da mevcuttur [98]. Mesela ağaç malzemenin mukavemet değerlerinde ve fiziksel özelliklerinde azalmaya sebep olmaktadır. Isıl işlem sonrası ağaç malzeme renginin koyulaşması, parlaklıkta meydana gelen olumsuz etkiler, ısıl işlem modifikasyonun dezavantajları arasında yer almaktadır [97], [101], [102].

1.5.1. Isıl İşlem Hakkında Genel Bilgiler

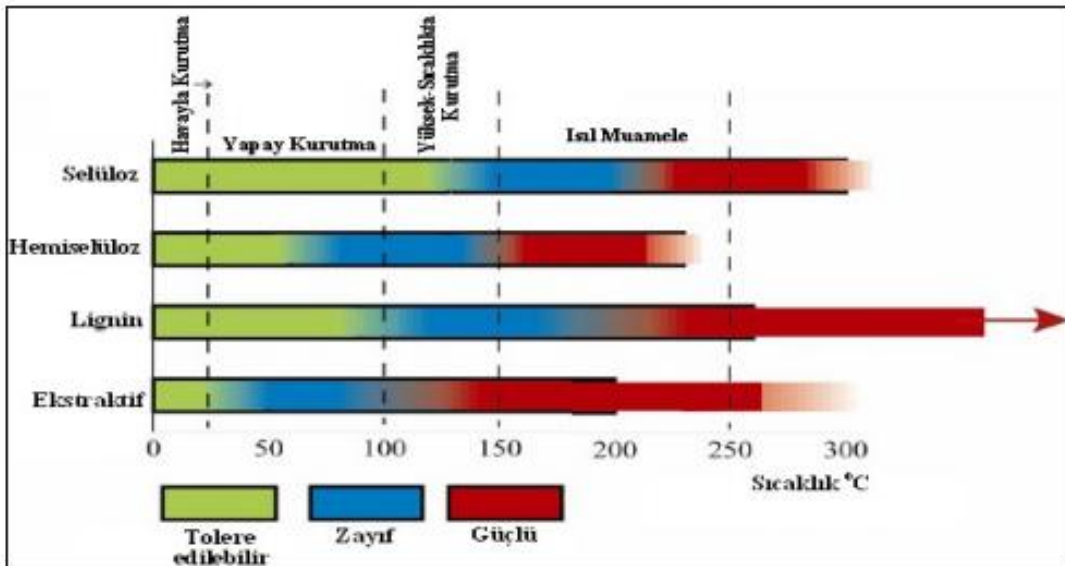
Ağaç malzemenin özelliklerini iyileştirmek için kullanılan ısıl işlem süreci binyıllar öncesine dayanmaktadır. İsveç'in kuzeyinde 5200 yıl önce Saami tarafından ısı kullanılarak ahşap Kalvtrask kayağında bükme işlemi gerçekleştirilmiştir [103]. M. Ö. 2500-3000 yıllar arasında Mısırda var olan hiyeroglifsel mobilya (şematik şekillerden oluşan kutsal yazı) resimlerinde bulunan ahşap sandalye parçalarının ısıtılarak büküldüğü tespit edilmiştir [104]. M. Ö. 2690 yıllarında Mısır lahit duvarlarında bulunan ahşap fiçı figürü ve tekne resimlerine bakıldığında, ahşap fiçı yapımcılarının 2000 yıl önce odunun ısıl işlem ile bükme işlemini bildiklerini göstermektedir [106]. Mısırlılar M.Ö. 1900'lü yıllarda, yay yapmak için sıcak su ile odunu bükmüşlerdir [105]. 11. yüzyılda Vikingler, gemi yapımında kullanılan odun parçalarını ısı yardımı ile bükmüşlerdir. Norveç'te ortaçağa ait ahşap yapılardan inşa edilmiş kiliselerin büyük kirişlerinde, ısı kullanılarak bükme ve birleştirme işlemleri gerçekleştirilmiştir [102].

Isıl işlem, odunun hücre çeperindeki polimer bileşiklerinin kimyasal yapısında Şekil 1.15'deki kalıcı değişiklikle sonuçlanan fiziksel bir süreçtir. Bu tekniğin temel esası kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısıyla muamele edilmesine dayanır [107].



Şekil 1.15. Isıl işlem uygulanan ağaç malzemenin reaksiyon mekanizması [100].

Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemede hücre çeperi ana bileşenlerinin sıcaklıkla etkileşimi Şekil 1.16'daki görüldüğü gibi birbirinden farklı gerçekleşmektedir. Ağaç malzeme hücre çeper ana bileşenleri ile ekstraktif maddelerinde sıcaklık etkisi ile meydana gelen değişimler Şekil 1.15 ve Şekil 1.16'da verilmiştir [108].



Şekil 1.16. Ağaç malzemenin ısıtılmasında hücre çeper ana bileşenleri ile ekstraktif maddelerinde meydana gelen değişim [108].

Lignin ve hemiselülozdaki değişim yaklaşık 120°C’de başlamasına rağmen, sıcaklığın selüloza olan etkisi daha yüksek sıcaklıklarda belli olmaktadır. Sıcaklığın artırılması ile ana bileşenlerdeki değişim daha belirgin hale gelebilmektedir [108].

Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını arttırmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklerle karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izolasyon kabiliyeti, boya adezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresini de uzatmaktadır. Buna ilaveten daha düşük kaliteli ağaç türlerine yeni pazar imkanı sunarak bunların daha kaliteli odun türlerine karşı rekabet gücünü arttırmakta ve sürdürülebilir orman kaynaklarını desteklemektedir [100]. Isıl işlem uygulaması ayrıca kompozit malzemelerde liflere ve kaplamalara; dayanıklılıkta artma, daha büyük bir stabilite, kullanım süresinde artış, ürün emniyetinde iyileşme, daha yüksek fiyata satış imkânı ve güvenilirlik gibi özellikler kazandırmaktadır. Ahşap yapısındaki meydana gelen tüm bu değişmelerin insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasallar ilave edilmeden sağlanıyor olması [109] ısıl işlem uygulamasını emprenyeye göre daha çevreci ve zararsız bir alternatif haline getirdiğini ifade etmek gerekir.

19. yüzyılın sonrasında, düşük olmayan sıcaklıklarda kurutmaya mazur kalan odunda sağlamlığın arttığı ve rutubet değişiminin azaldığı bildirilmiştir [110]. 140 °C ve 320°C’de erimiş metalde sitka ladinin ısıl modifikasyon görmesi ile odunun çalışmasında %60 oranında gerileme ve biyolojik saldırılara karşı odunun dayanımı iyileşmiştir. Ayrıca ısıl işlemin olumlu tarafının yanında bazı olumsuz etkileri arasında; kırılganlık, sertlik etkisi, kopma modülü gibi bazı mukavemet değerlerinde azalma olduğu bildirilmiştir [102]. Son yıllarda hızla artış gösteren ısıl işlemleri malzemelerin kullanımına bağlı olarak Türkiye’de belli bir standarda göre ısıl işlem yapan 161 adet firmanın mevcut olduğu ve bu firmaların 2000 yıllarından sonra arttığı bildirilirken, bu işletmelerde farklı ürünler için ısıl işlem yapıldığı bildirilmiştir [111].

1.5.2. Isıl İşlem Metotları

Avrupa ülkelerinde son yıllarda geliştirilen ve uygulanan bazı ısıl işlem metotları Çizelge 1.6’da verilmiştir.

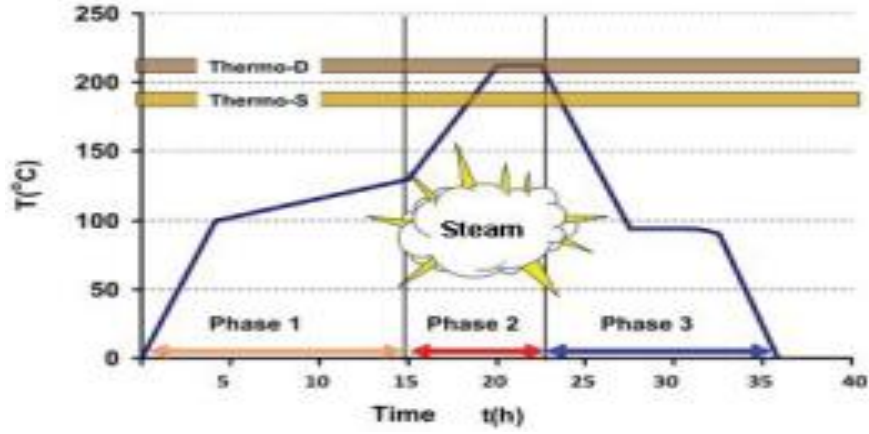
Çizelge 1.6. Avrupa’da kullanılan bazı ısıtım işlem metotları ve özellikleri [86].

Isıl İşlem Metotları	Ortam	Rutubet Durumu	Sıcaklık (°C)	Uygulama	Ülke
ThermoWood	Buhar	Taze veya hava kurusu ağaç	150-240	Sıcaklık artışı Isıl işlem Soğutma ve kondisyonlama	Finlandiya
PlatoWood	Buhar ve hava	Taze veya hava kurusu ağaç	170-190	Ön kurutma Hidrotermoliz Kurutma Denkleştirme ve soğutma	Hollanda
Oil Heat Treatment	Sıcak ve yağ	Hava kurusu veya yaklaşık %6	180-220	Isıtma ve kurutma Isıl işlem Soğutma	Almanya
Retification	N ₂	Hava kurusu	200-240	1 Basamak	Fransa
Bois Pedure	Buhar	Taze ağaç	200-240	1 Basamak	Fransa

Isıl işlem tekniklerinden en fazla kullanım alanı bulan yöntem ThermoWood metodudur.

Finlandiya’da ağaç malzemeye ısıtım işlem 1990’lı yılların başlarında kurulan bir fabrika ile başlamıştır. VTT (Finlandiya teknik araştırma merkezi) tarafından geliştirilen ThermoWood yöntemi ile çalışan fabrika sayısı kısa zamanda artarak sekize yükselmiştir. Aynı zamanda araştırma çalışmaları da devam etmiştir. Son yıllarda ısıtım işlem görmüş ağaç malzemenin marketlerde yer almaya başlaması nedeni ile üreticiler arasında birlikteliği sağlamak ve tüketicileri ısıtım işlem görmüş ağaç malzeme hakkında bilinçlendirmek için sınıflandırma, yüzey işlemlerine etkisi, kalite kontrol üzerine yoğunlaşan çalışmalar yapılmaktadır [36], [74], [86], [98], [102], [112], [113].

ThermoWood işlemi ancak “*Uluslararası ThermoWood Birliği*” üreticileri tarafından uygulanabilmekte ve sadece bu kuruluşlar ThermoWood ticari markasını kullanabilmektedir. Üretim kriterlerini ve üyelik şartlarını yerine getirebilen dünyadaki 14 resmi üreticiden [114], 3 tanesi Türkiye’de faaliyetlerini sürdürmektedir. Dolayısıyla resmi olarak ThermoWood tekniği ile üretim yapan tüm işletmelerin %21,4’ü Türkiye’de faaliyet göstermektedir. Yıllık ortalama üretim kapasiteleri yaklaşık 10000-15000 m³ civarında olduğu tahmin edilmektedir. Günümüzde ThermoWood yöntemi, Thermo S ve Thermo D olmak üzere Şekil 1.17’de sıcaklık zaman grafiği verilen iki standart işlem sürecine sahiptir. Thermo S’deki “S” harfi kararlılık, sağlamlık anlamına gelir. Stabilitate bu işlem sınıfındaki ürünlerin kullanım yerleri için anahtar özelliktir. Thermo S sınıfında işlem görmüş ağaç malzemenin rutubetten dolayı daralma ve genişleme ortalaması %6-8’dir. Thermo S, nispeten dayanıklı olarak sınıflandırılır. Çürümeye karşı doğal direnci “*SINIF 3*” gereksinimlerini karşılar [86].



Şekil 1.17. ThermoWood’lu ahşap üretiminde zaman sıcaklık ilişkisi [115].

Thermo S sınıfı kerestelerinin önerilen kullanım alanları Çizelge 1.7’de yer verilmiştir.

Çizelge 1.7. Thermo S sınıfı kerestenin kullanım alanları [86].

Thermo S Yumuşak Ağaç	Thermo S Sert Ağaç
Yapı malzemeleri	Döşemecilik
Kuru ortamlardaki döşemecilik	Mobilya
Mobilya	Zemin kaplama
Bahçe mobilyası	Sauna yapıları
Sauna bankları	Bahçe mobilyası
Kapı ve pencere malzemeleri	
Dış cephe kaplama	

Çizelge 1.8’de yer alan Thermo D’deki “D” harfi dayanıklılık anlamına gelir. Dayanıklılık bu işlem sınıfındaki ürünlerin son kullanım yerleri için anahtar özelliktir. Thermo D sınıfında işlem görmüş ağaç malzemenin rutubetten dolayı daralma ve genişleme ortalaması %5-6’dır. Thermo D, dayanıklı olarak sınıflandırılır. Çürümeye karşı doğal direnci “SINIF 1” gereksinimlerini karşılar [86].

Thermo D sınıfı kerestenin üretici firmalar tarafından tavsiye edilen son kullanım alanlarına Çizelge 1.8’de yer verilmiştir.

Çizelge 1.8. Thermo D sınıfı kerestenin kullanım alanları [86].

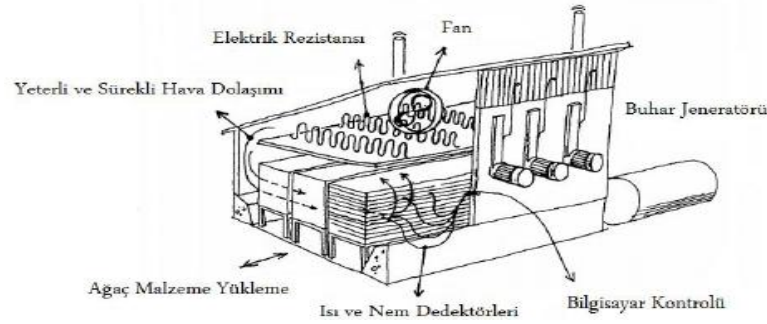
Thermo D Yumuşak Ağaç	Thermo D Sert Ağaç
Dış cephe kaplama	Dış cephe kaplama
İç ve dış kapı	Dış mekân zemin kaplamaları
Kapı pencere kafesi, panjur	Bahçe mobilyası
Çevresel yapılar	Yer kaplaması (parke)
Sauna ve banyo mobilyası	
Zemin döşeme	
Bahçe mobilyası	

Çizelge 1.7 ve Çizelge 1.8'deki sert ağaç gruplarının kullanım alanlarına yat ve tekne imalatı alanları da eklenebilir. Nitekim zemin kaplamaları ile yat ve teknelerde kullanılan ahşap malzemelerin güvertelerinde kullanılan kaplamaların karşılaştıkları muhtemel etkiler benzerlik göstermektedir.

1.5.2.1. Türkiye'de ThermoWood Uygulamaları ve Altyapısı

Türkiye'de ağaç malzemeye yönelik ısıtım işlem uygulamalarını konu alan birçok araştırma yapılmıştır [113]. Türkiye'de ısıtım işlem konusunda yapılan çalışmaların büyük bir bölümü ağaç malzemenin mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine etkisine yöneliktir.

Ayrıca, kısıtlı olsa ısıtım işlem uygulanması için program tasarımı, ısıtım işlem uygulayan işletmelerin araştırılması, emprenye uygulaması ve ısıtım işlem görmüş ağaç malzemede yüzey işlemleri ile ilgili son yıllarda birçok çalışma mevcuttur. Yapılmış olan çalışmalarda önemli sonuçlar elde edilmiştir. ThermoWood yöntemine göre sürecin bütünü Şekil 1.18'de gösterilmektedir.



Şekil 1.18. ThermoWood yöntemine göre ısıtım işlemin şematik görünümü [116].

Fırınlara ahşap malzemelerin doldurulması ile başlayan süreç ahşap malzemelerin soğutulduğu kısımda tamamlanmaktadır.

Önümüzdeki süreçte ısıtım işlem uygulanmış ağaç malzemeden elde edilen mobilya vb. ürünlerin kullanımına ve tercih edilme durumlarına yönelik çalışmalar önerilebilir. Şirket ve marka yöneticilerinin pazar araştırma konuları içerisinde ısıtım işlem görmüş malzemeli ürünlere yönelik müşteri tercih ve memnuniyet durumları, maliyet ve fiyat ilişkisi, çevreye etkisi gibi konuların da araştırılması önem arz etmektedir. Dolayısıyla müşterilerin ısıtım işlem uygulanmış ürünlere yönelik farkındalıklarının artırılmasına yönelik çalışmalar önerilmektedir [113].

Türkiye'de üretim hacmi fazla olup endüstriyel ThermoWood üretimi yapan işletmeler Bolu'da bulunan Nova Orman Ürünleri firması, Düzce'de bulunan Arın Orman Ürünleri

firması ve Muğla’da bulunan Nasreddin Gruba ait Naswood firması olmak üzere 3 adet işletme mevcuttur. Nova Orman Ürünleri işletmesi Novawood markasını kullanarak Şekil 1.19’deki üretim tesisinde daha çok çam, dişbudak, iroko, teak, manolya, ayous gibi ağaç türlerinden elde edilen kerestelere ThermoWood yöntemi ile ısıl işlem uygulanmaktadır.



Şekil 1.19. Termowood’lu ahşap üretim tesisi [109].

Bu malzemeler daha çok dikey konumlu olarak dış cephe kaplamalarında, yatay konumlu ise zemin ve ıslak zemin (deck) olarak havuz ve benzer alanlarda kullanılmaktadır [109].



Şekil 1.20. ThermoWood’lu ahşap kullanım alanları [109].

Düzce’de bulunan Arın Orman Ürünleri firması ThermoWood yöntemi ile yılda yaklaşık 3500-4000 m³ yıllık üretiminde daha çok çam, dişbudak, ayous, ladin ve iroko gibi ağaç türlerini kullanmaktadır. Şekil 1.21’deki gibi farklı alanlarda kullanıma sunmaktadır.



Şekil 1.21. ThermoWood’lu ahşap kullanım alanı [117].

Arın Orman Ürünleri firmasında ThermoWood prosesinde kullanılacak olan ahşaplar budak yapısı, lif yapısı, rutubet oranı gibi özelliklerine göre sınıflandırılarak, benzer özellikteki malzemeler aynı anda işleme tabi tutulmaktadır [117].

Nasreddin Grup'a ait olan ve Uluslararası ThermoWood birliğin resmi üreticisinden birisi olan Naswood firması, ısıtılmış ahşap üretimlerini Şekil 1.22'deki tesiste NasThermoWood markası ile sürdürmektedir. ThermoWood üretimlerini grubun 15000 m² üzerinde 10000 m² kapalı alanı olan Muğla fabrikasında gerçekleştirmektedir [114].



Şekil 1.22. Naswood firması ThermoWood'lu ahşap üretimi [114].

Türkiye'de faaliyet gösteren bu 3 işletmenin gelen talebe göre yıllık yaklaşık olarak 10000-15000 m³ ThermoWood'lu ahşap ürettikleri tahmin edilmektedir.

Tamamlanan araştırmalar incelendiğinde ısıtılmış ahşap malzeme için; nem oranı minimize edilmekte, renk dağılımı homojen hale gelmekte, ısı iletkenliği azalmakta, her türlü hava koşullarına karşı direnci artmakta, reçinesi çıkarılmakta, çatlama, burkulmaya karşı direnci artırılmaktadır. Ayrıca biyolojik zararlılara karşı dayanımı artmakta ve aynı zamanda %100 doğal malzeme olma özelliğini korumaktadır [114]. Çizelge 1.9'da ısıtılmış ahşap üretiminin farklı ağaç türleri üzerine etkisine yer verilmiştir.

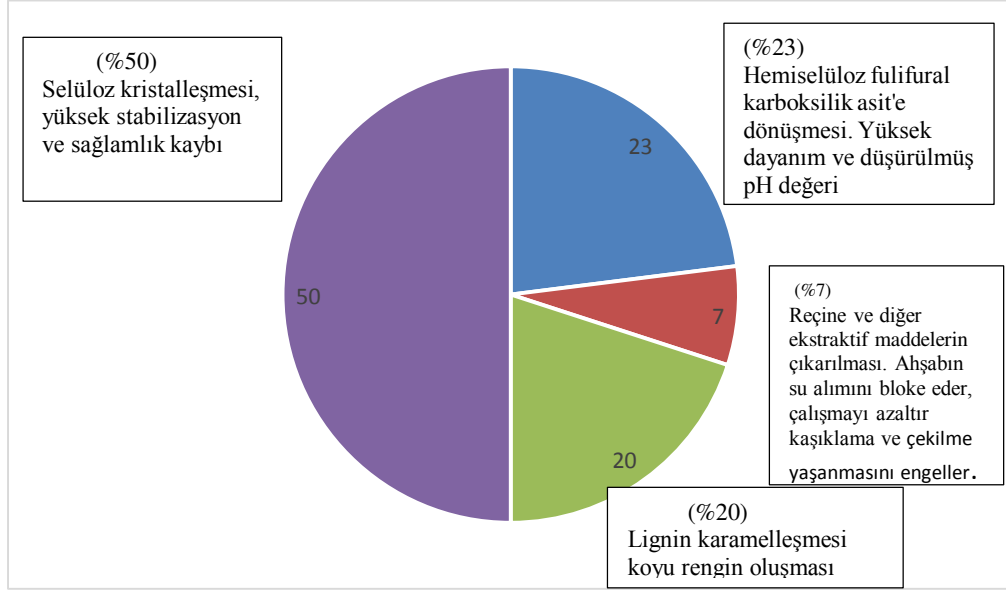
Çizelge 1.9. ThermoWood metodunun ağaç malzeme üzerine etkisi [109].

Özellik / Sınıf	İğne Yapraklı Ağaçlar (Çam ve Ladin)		Yapraklı Ağaçlar (Iroko, Dişbudak, Meşe, Kayın)	
	Thermo S	Thermo D	Thermo S	Thermo D
İşlem sıcaklığı	190 °C	212 °C	180 °C	200 °C
Dayanıklılık	+	++	Nötr	+
Boyutsal stabilite	+	++	+	+
Eğilme direnci	Nötr	-	Nötr	-
Renk koyulaşması	+	++	+	++

Formüle edilmiş kontrollü işlemler sayesinde, parça boyunca renk tutarlılığı sunmaktadır. Uygulanan ısıtılmış ahşap hafiflemiş olan ürün; cephe uygulamalarında yapıya bindirdiği yükü azaltmakta, termal iletimi düşürdüğünden güçlü ısı yalıtımı sağlamaktadır [114].

1.5.2.2. Isıl İşlemin Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi

Ağaç malzemenin bünyesinde termal modifikasyon sürecinde meydana gelen birtakım değişiklikler mevcuttur. Sıcaklığın selüloza, hemiselüloza ve lignine olan etkisi yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Sıcaklığın artırılması ile Şekil 1.23'deki ana bileşenlerde farklı oranlarda değişim meydana gelmektedir.



Şekil 1.23. Termal modifikasyonun ahşap üzerindeki etkisi [109].

Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemede hücre çeperi ana bileşenlerinin sıcaklıkla etkileşimi birbirinden farklı bulunmaktadır. Ağaç malzeme hücre çeper ana bileşenleri ile ekstraktif maddelerinde sıcaklık etkisi ile meydana gelen değişimler Şekil 1.23'de yer almaktadır [109].

“Odun karbonhidratlarında serbest hidroksil gruplarının mevcudiyeti ve/veya erişilebilirliği su absorpsiyonu ve desorpsiyonunda önemli rol oynamaktadır. Isıl işlem uygulaması sonucu serbest hidroksil gruplarına erişimde azalma olması bilinmektedir. Bunun sebepleri ise; serbest hidroksil gruplarının toplam miktarında azalmaya neden olan karbonhidratların özellikle hemiselülozun depolimerizasyonu, hidroksil gruplarının su moleküllerine kolay erişemediği kristalimsi selülozun nispi oranındaki artma ve serbest hidroksil gruplarının suya erişebilirliğini engelleyen lignin ağının çapraz bağlanmasıdır [100].”

“Odunun direnç özelliklerini bağlı su önemli derecede etkilemektedir. Artan bağlı su miktarı hücre çeperinin organik polimerleri arasındaki hidrojen bağını azaltır veya engeller. Direnç kovalent bağ ve polimer içi hidrojen bağları ile ilgili olduğu için odunun direnç özellikleri bağlı su miktarının artması ile azalmaktadır. Isıl işlem uygulanmış odun daha az higroskopik olması ve maksimum bağlı su miktarının azalması sonucu ısı işlem direnç özellikleri üzerine pozitif bir katkı yapmaktadır [100].”

“Isıl işlemin en dikkat çekici etkilerinden birisi histerezin tipik sigmoid eğrileri korunurken higroskopisitenin azaltılmasıdır. Histerezin pozitif etkisi bağl nemdeki düşük değişimin ısı işlem uygulanmış odunun rutubet içeriğinde derhal bir değişim yapmamasıdır. Bu özellik ısı işlem uygulanmış odunun boyutsal stabilizesine katkıda bulunur. Çünkü odun su absorpsiyonu ve

desorpsiyonu nedeniyle genişleme ve daralmaya uğramaktadır. Ayrıca su absorpsiyonundaki azalma odunun tüm daralma ve genişlemesini azalttığı için odunun boyutsal stabilizesini arttırmaktadır. Genelde ısıtma işlemi görmüş odun düşük daralma ve genişleme değerleri ile oldukça hidrolojiktir. Odunun higroskopisitesi sıcaklık ve süre gibi ısıtma işlem şartlarından etkilenmektedir. Özellikle ısıtma işlemi prosesindeki sıcaklık çok etkili bir faktördür [100].”

1.5.2.3. Isıtma İşleminin Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi

Ağaç malzemeye uygulanan ısıtma işleminin süresine ve sıcaklık derecesine bağlı olarak malzemeye bünyesinde değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişikliklerin temelini, odunun kimyasal bileşiminde bulunan elementlerin yapısındaki değişiklikler oluşturur.

“Isıtma işlemi uygulaması boyunca odunda ağırlık ve buna bağlı olarak yoğunluk açık bir biçimde değişmeye uğramaktadır. Isıtma işlemi uygulamasından sonra odun yoğunluğundaki azalmaların ana sebepleri; ısıtma işlemi süresince başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin buharlaşan uçucu ürünlere dönüşmesi, ekstaktif maddelerin buharlaşması ve ısıtma işlemi uygulaması ile odunun daha az higroskopik olması sonucu daha düşük denge rutubet miktarıdır. Isıtma işlemi uygulamasından sonra daha düşük bir yoğunluk direnç özelliklerinde bir azalmayı gerektirse de bu yargı prematüredir. Odunsu materyal ve ağırlık kayıpları ile ilgili olarak odun ana bileşenlerinin bozunması iç gerilmelerin daha az moleküler materyal üzerine dağıtılmasına neden olduğu için direnç özelliklerini azaltır. Öte yandan daha düşük rutubet içeriği direnç üzerinde pozitif etkiye sahip olurken kütle kayıplarının etkisini azaltır [100].”

1.5.2.4. Isıtma İşleminin Yaşlanma ve UV Direnci Üzerine Etkisi

“Isıtma işlemi uygulanmış kereste yüzeyleri doğal olarak güneş ışığı, yağmur ve rüzgâr etkisi nedeniyle hava etkilerinde (eskimeye) yaşlanmaya elverişlidir. Bu husus ahşabın dayanıklılığını etkilemez ancak ahşap yüzeyleri belli bir zaman sonra grileşebilir. Böyle rengin farklılaşması ısıtma işlemi görmüş ahşabın yaşlanma öncesi koyu kahverenginde olduğundan ısıtma işlemi görmemiş ahşaba kıyasla çok daha belirginleşir. Isıtma işlemi görmüş ahşap UV ışınlarına maruz bırakılması durumunda yüzeyinde mikro düzeyde çatlaklar meydana gelir [100].”

“Isıtma işlemi görmüş ahşaplarda pigment içeren yüzey işlemlerinin tatbik edilmesiyle yüzey çatlaklarını gidermek bakımından iyidir. Isıtma işlemi görmüş ahşap malzeme açık hava şartlarında bırakıldığında yağmur ile taşınan kir veya hava içindeki mantarlar sebebiyle malzeme yüzeyinde küflenme görülmektedir. Yüzey işlemleri uygulanmamış malzeme doğal çevre şartlarına maruz bırakıldığında yüzeyde mantarlar görülebilir ancak bu mantarlar sadece yüzeyde bulunur ve yüzeyden temizlenebilir [100].”

“Pigmentsiz veya düşük organik uçucu bileşikler içeren boya ve yağlar ısıtma işlemi görmüş ahşabı dış hava şartlarına karşı koruyamaz. Bu kaplamalar zamanla aşınabilir. Malzemelerin düşük organik uçucu bileşikler içeren boya ile kaplanması durumunda aşırı çatlama görülebilir. Isıtma işlemi görmüş malzemede mantar ve dış hava etkilerinden dolayı meydana gelecek çatlama, solma ve yüzey çalışmasının önüne geçmek için koruyucu katman ile kaplanması gerekmektedir. Genellikle ahşap malzemenin koyu rengi ve tekstürünün görülmesi için şeffaf veya yarı saydam kaplamalar tercih edilmektedir. Fakat şeffaf koruyucu katmanlar yüzey örtücü özelliği olan opak kaplamalardan daha düşük performans gösterirler. Koruyucu katman ile kaplanan ahşap malzemede küflenme ve mavi renklemeler oluşmamaktadır. Dolayısıyla açık havada ve kapı pencere doğrama uygulamalarında uygun koruyucu katmanın seçilerek ve uygun ısıtma işlem yönteminin kullanılması ile istenen performans elde edilebilir [100].”

1.5.2.5. Isıl İşlemin Yüzey İşlemleri ve Boyanma Özellikleri Üzerine Etkisi

“Isıl işlem uygulaması ile reçine ağaç malzemedan uzaklaştığı için budaktan boya yüzeylerine reçine sızma riski azalmaktadır ve bu sebeple yüzey işlemlerinden önce budakların verniklenmesi gerekli değildir. Yağ bazlı maddeler ile ısıtıl işlem uygulanmamış malzemelerde olduğu gibi çalışılabilir. Su bazlı maddeler ile çalışılacağı zaman ısıtıl işlem görmüş ahşap malzemenin ısıtıl işlem görmemiş ahşap malzemeye göre daha düşük su absorpsiyonuna sahip olduğu unutulmamalıdır [100].”

“Su bazlı sistemler uygulandığında nispeten daha yavaş kurumadan dolayı oduna nüfuz etmeleri için yeterli zaman olması durumunda uygun olmaktadır. UV ile sertleşen renklendiriciler ve lakeler, yağlar ve balmumu kadar iyi sonuçlar vermektedir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerde yüzey işlem uygulamalarında ağaç malzeme sıcaklığı, rutubet içeriği ve yüzey temizliği gibi uygun çalışma koşulları sağlanmasına dikkat edilmelidir [100].”

“Isıl işlem görmüş ahşabın yüzeyine estetik, koruma veya yaşlandırma amacıyla boya uygulanabilir. Boyama sistemlerinin penetrasyon ve adezyon kuvvet direnci ısıtıl işlem tarafından etkilenmektedir. Isıl işlemli ahşap ısıtıl işlemsiz ahşaba kıyasla daha su itici olduğundan su bazlı boya ve vernik sistemlerinin film tabakalarını kurutmak için daha uzun bir zamana ihtiyaç duyarlar. Dolayısıyla ahşap üzerine kalın bir film tabakası yerine iki tane ince film tabakası oluşturulması önerilir. Gerekli yüzey gerilimi boya ve vernik sistemlerine katkı maddelerinin ilave edilmesiyle sağlanabilir [100].”

“Isıl işlem uygulaması süresince reçine sızması bu ağaç türlerine uygulanacak koruyucu katman ile kaplanırken sorun teşkil edebilir. Isıl işlem görmüş ahşap organik çözücülü boyama sistemleri (örneğin alkid sistemler) ve genel amaçlı renklendirici ve yağlı boyalar ile boyanabilir. Saydam film kaplama sistemlerinin kullanılması, film tabakası altında yüzeye yapışma direncini etkileyen yaşlanma riski olduğu için önerilmemektedir. Zira ısıtıl işlem görmüş ahşabın kaplanmasında saydam bir film kaplama malzemesi kullanılırsa UV koruyucu pigmentli ve mavi renklenmenin önleyici biyosit madde eklenmelidir [100].”

“Isıl işlem görmüş ağaç malzeme için uygun kaplama malzemesi, yağlı astar boya ve solvent bazlı alkid veya su bazlı akrilik son kat boya sistemleridir. Isıl işlem görmüş ahşaplarda asit kürlenmeli ve su bazlı akrilik boyalar en iyi performansa sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bu tür boyalar ile kaplanan panellerde boyalarda pul pul dökülme kusuru görülmediği bildirilmiştir [100].”

1.5.3. Isıl İşlem Görmüş Ağaç Malzemenin Kullanım Alanları ve Gelişimi

Isıl işleme tabi tutulan ahşap malzeme binaların dış cephe kaplaması, iç mekân kaplamaları, parke ve döşeme tahtası, park ve bahçe mobilyaları, bahçe çitleri, çocuk oyun alanı, pencere ve pencere panjurları, iç ve dış kapı, sauna ve sauna elemanları, iç mekân mobilyaları ve müzik aletleri üretiminde tercih edilmektedir. Isıl işlemli kereste ahşap yapı inşa sanayi için büyük bir potansiyele sahiptir. Biyolojik zararlıların çok olduğu alanlarda odunun dayanıklılığı ile boyutsal stabilitesi önem kazanmaktadır. Ahşap malzemeye uygulanan ısıtıl işlem, odunun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkilidir. Basınç direnci, sertlik ve rijitlik gibi direnç özellikleri ısıtıl işlem ile genellikle iyileşme gösterdiğinden ahşabın kullanılma potansiyelini artırmaktadır [118].

Türkiye’deki ThermoWood ile üretilen ahşaplar; dış cephe kaplamaları, panel cephe kaplamaları, dış mekan zemin kaplamaları (deck), karo deck, masif parke, lamine parke, lamine ahşap kiriş, güneş kırıcı, kapı ve pencere profilleri, pergola ve çit, bina cephe

kaplamaları, havuz, sauna, banyo zeminleri gibi harici kısımlarda vb. alanlarda kullanılmaktadır [109], [114], [117].

Yıllık satış oranlarına bakıldığında özellikle gelişmiş ülkelerde ısıtma işlemi görmüş ahşap materyalin ciddi seviyelerde kullanıldığı görülmektedir. Bu yüzden, ülkemizde de ısıtma işleminin çevreci ve alternatif bir odun koruma ve bir odun modifikasyon yöntemi olarak ele alındığı görülmektedir. Dış ortama ya da çürümeye karşı daha iyi bir koruma arzu edildiğinde ısıtma işlemi sıcaklığı 200°C'nin üzerinde, iç mekânlarda kullanımlar için ise 200°C'nin altındaki sıcaklıklarda uygulanmaktadır. Kullanım yeri olarak rutubetten korunması gereken bahçe mobilyasında, pencere kapı duvar yapımında, çit kazıklarında, zemin ve duvar kaplamalarında, dış yüzey kaplamalarında, bazı binaların yapımında (fakat dekorasyon amaçlı) ve özellikle yüksek bağıl nemin bulunduğu saunalarda kullanılabilmektedir [98].

Günümüzde insan sağlığının korunması ve dolayısıyla temiz çevre ile kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması konusunda insanların daha çok bilinçlenmektedir. Dolayısıyla çevreci, toksit etkisi olmayan, yenilenebilir olan yöntem ve ürünlerin kullanımı bağlamında ısıtma işlemi gören ahşap ürünlerin kullanımının gelecekte artacağı öngörülmektedir.

1.5.3.1. Isıtma İşlemleri Ağaç Malzemenin Tercih Edilme Sebepleri

“Dünyadaki endüstriyel üretim alanında kullanılan malzeme tercihlerinde çevre dostu olan sürdürülebilir materyallerin kullanımı son yıllarda bir hayli önem kazanmıştır. Günümüzde insan sağlığı ve çevre kirliliği konularının önemi arttıkça sürdürülebilir olmayan malzemelerin (emprenye edilmiş kereste, plastikler, metaller, beton vb.) kullanımını azaltmak için yasalar ve tüketici baskısı ısıtma işlemi uygulanmış kereste gibi sürdürülebilir materyallerin kullanımını teşvik etmektedir. Isıtma işlemi teknolojileri bunun yanında ülkenin doğal ve plantasyonlarda yetişen ağaç türlerinden kullanım sürelerinin artması ile daha iyi yararlanma ve ağaç türlerinin potansiyel pazarını arttırma olanağı sağlamaktadır. Böylece ısıtma işlemi uygulanmış kereste, hammaddenin sürdürülebilir yönetimine katkı sağlamaktadır [100].”

Termal modifikasyon daha çok, yoğunluğu düşük olan iğne yapraklı ağaç türlerine ait kereste özelliklerinin iyileştirilerek kullanım alanlarının genişletilmesi aynı zamanda parasal değerinin ve pazar payının artırılması amacıyla son yıllarda yaygınlaşmıştır. Fakat son yıllarda endüstriyel ısıtma işlemi yapan işletmeler yapraklı ağaçlara ait kerestelerin renk, estetik, boyutsal stabilite, biyolojik zararlılara dayanıklılık ve UV ışınının renk değiştirici özelliği gibi kusurları minimize etmek için de uygulamaktadır. Çevre ve sağlık üzerine negatif etkisi olmayan bir üretim sürecinin çıktısı olmasının yanında, bünyesinde kimyasal zararlı maddeleri barındırmıyor olması bu yöntemin kullanılmasındaki belirleyici tercih sebebi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca aynı ağaç türüne ait malzemenin

farklı sürelerde ısıt işleme maruz bırakılmasıyla meydana gelen renk farklılaşması ile farklı ağaç türüne ait ürünler gibi algılanması ve ürün çeşitliliği bakımından kullanıcıların tercihlerine sunulurken, son ürünün albenisi artırılabilir.

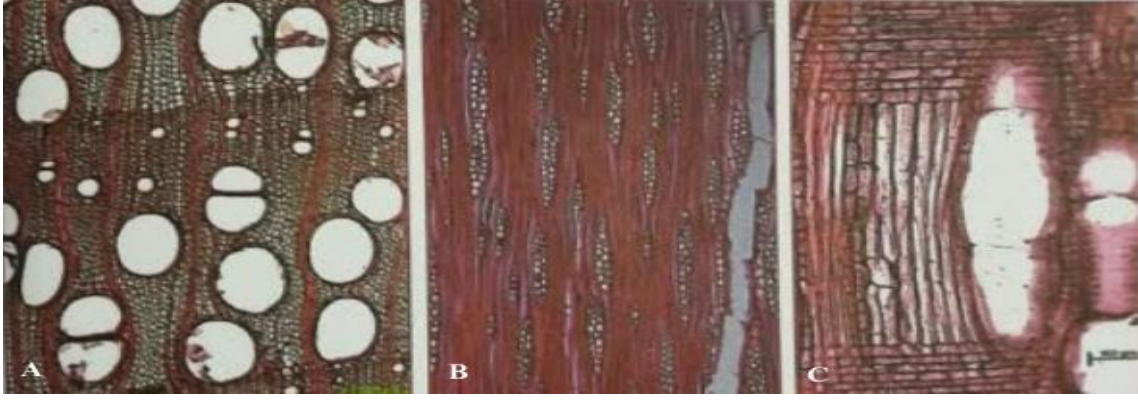
Thermowood yönteminde ısıt işlem gören ahşabın bina cephe kaplamalarında kullanılması durumunda dış hava etkisinin zemin kaplamalarına göre 6 kat daha az olduğu bildirilmiştir [109].

1.5.4. Isıt İşlem Uygulanan Ağaç Malzeme Türleri

Genellikle tropikal türler yerine, yerli ağaç türleri ısıt işleme tabi tutulduktan sonra kullanılmaktadır. Başlangıçta çam, ladin, göknar gibi nispeten düşük değerli kerestelere sahip iğne yapraklı ağaçlara uygulanan ısıt işlem tekniği günümüzde artık yapraklı ağaç türlerinin de birçoğuna uygulanmaktadır. Örnek olarak, tik, ayous, iroko, dişbudak, meşe, kayın, kavak, yabani kiraz, kestane, manolya, okalıptüs türleri bunlardan bazılarıdır [109], [117], [119]. Her geçen gün kullanımı ve uygulama alanları artan ısıt işlemlili ahşap malzemenin tedarik süresinin kısaltılması ve maliyetlerinin düşürülmesi için yereldeki ağaç türlerinin kullanımı değerlendirilmelidir. Hammadde kaynaklarının kısıtlı olduğu günümüzde, plantasyonlarda yetişen yerli türlerin ısıt işlem yapılarak kullanılması oldukça önemlidir. Bu araştırmada kullanılmak üzere seçilen dişbudak ve iroko türlerine ait genel bilgilere bu bölümde yer verilmiştir.

1.5.4.1. Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) Odununun Özellikleri

Oleaceae familyasının bir türü olup, dünyada kuzey yarım kürenin ılıman bölgelerinde ve ender olarak da subtropikal ve tropikal yayılış gösteren bir ağaç türüdür [120]. Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika kökenli dişbudak, ThermoWood işlemi sonrasında en güzel sonuç veren sert ağaç grubudur. Türkiye’de dişbudağın *Fraxinus excelsior* L. (Adi dişbudak), (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) (Dar Yapraklı Dişbudak-Sivri Meyveli Dişbudak) ve (*Fraxinus ornus* L.) (Çiçekli dişbudak) olmak üzere üç türü ve bu türlere ait toplam yedi alt türü bulunmaktadır. Kıymetli odun özelliklerinin yanı sıra, hızlı gelişen türler içinde anılan dar yapraklı dişbudak (DYD) ülkemizde saf ormanlar kurabilmektedir [120], [121]. Dar yapraklı dişbudak, kereste üretiminde *F. excelsior*’a benzeyen ve mobilyacılıkta kullanılan odun özellikleri ile önemli bir türdür. Dişbudak odununa ait farklı kesitlerin mikroskopik görüntüsü Şekil 1.24’de verilmiştir.



Şekil 1.24. Dişbudak, a) enine kesit b) teğet kesit c) radyal kesit [33].

Makroskopik yapı özellikleri bakımından; dişbudak odununun mekanik ve teknolojik özellikleri yüksektir. Genellikle yıllık halkalar genişledikçe odunun yoğunluğu ve sertliği artar. Diri odunu geniş, beyaz ve açık sarımsı renkte, öz odunu yaklaşık 40 yaşına kadar diri odunun renginde olup, genellikle 40 yaşından sonra bazı tomruklarda biraz daha koyu renkte öz odunu oluşumu görülür. Dişbudak odunu ana kimyasal bileşenlerinden, selüloz oranı %41-47, lignin içeriği %21-30, pentozan oranı %21-27 arasında değiştiği, odun yan bileşenlerinden alkolbenzen çözünürlüğü %5,4 ve pH'ı ise 5,8 olduğu belirtilmektedir [33]. Diri odunu geniş, genellikle sarımsı beyaz renkte ve parlaktır. Diri ve öz odunu arasında renk farklılaşması yoktur. Diri odun-öz odun sınırı her zaman belirgin değildir. Çok yaşlı ağaçlarda görülen yalancı öz odunu (kahverengi öz odun) kül rengimsi kahverengidir [6]. Yıllık halka sınırları belirgin olup, traheleri halkalı düzendedir. İlkbahar odununda traheler büyük ve 1-4 sıra, radyal kesitte iğne çiziklidir. Yaz odunu tabakasında traheler küçük, fakat çevresindeki paransim hücreleri nedeniyle belirgin hale gelirler. Öz ışınlar dar, radyal kesitte lup altında kısa aynacıklar şeklinde görülürler. Dekoratif, sert ve ağır bir odunu vardır [33].

Mikroskopik özellikleri bakımından; halkalı traheli, ilkbahar odunu traheleri enine kesitleri oval veya yuvarlak biçimde, tek tek, bazen ikisi bir arada ve 1- 4 sıradır. Çapları çok büyük, teğet çapları 350 μm kadar, mm^2 'de 12 adet, yaz odunu traheleri çapları küçük ve ortalama 50 μm çapta, çeperleri çok kalın ve seyrek bir şekilde dağılmış olum mm^2 'de 22 adet, tek tek, ikisi bir arada veya kısa radyal sıralar oluştururlar. Traheler de tül oluşumu görülür, perforayson tabloları basit tiptedir [33]. Öz ışınları homojen yapıda, 1-3-5 hücre genişlikte, oldukça kısa, ortalama 10 hücre yüksekliğinde, teğet kesitte mm 'de 7-10 adettir [33]. Dişbudak odununa ait fiziksel ve mekanik özellikler Çizelge 1.10'da verilmiştir.

Çizelge 1.10. Dişbudak odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [33].

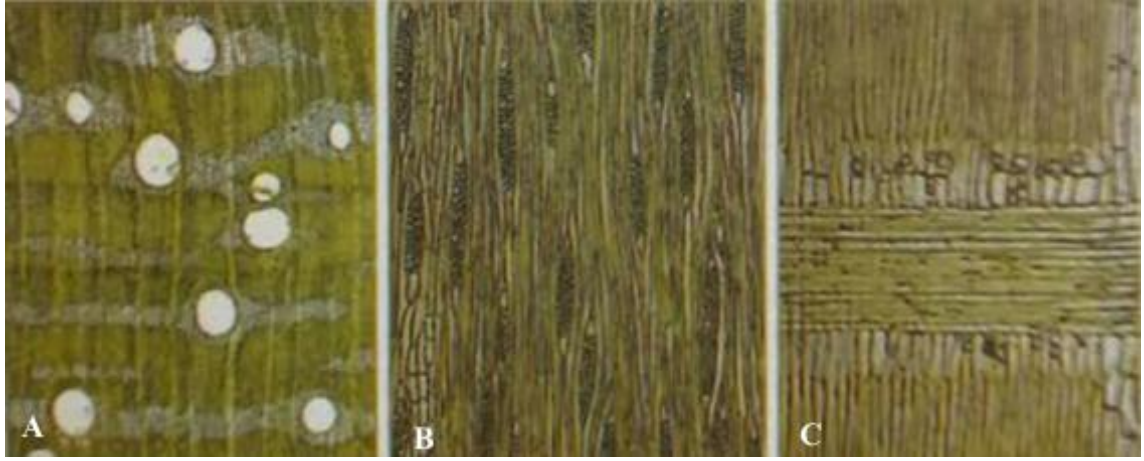
Yoğunluk	D ₀	0,65	g/cm ³
	D ₁₂	0,69	g/cm ³
Daralma yüzdesi	β _r	5,00	%
	β _t	8,00	%
	β _v	13,20	%
Elastikiyet Modül	E-Mod.	13000	N/mm ²
Eğilme direnci	σ _E	117	N/mm ²
Basınç direnci	σ _B //	51	N/mm ²
Çekme direnci	σ _C //	162	N/mm ²
Dinamik eğilme direnci	a	0,66	kN/cm

Kurutma ve işlenme özellikleri bakımından; odunu kolay ve hızlı kurutulur. Ancak yüksek sıcaklıklardan kaçınılmalıdır. Çatlamaya ve dönüklüğe meyillidir. İyi işlenir, yapıştırılması ve üst yüzey işlemlerinde cilalanması iyidir. Kolay renk verebilir ve soyulabilir [33].

Odunu dayanıklı değildir ve mantar/böcek arız olabilir. Orta derecede güç emprenye edilebilir. Koyu renkli öz odunu varsa emprenye edilmesi güçtür. Dişbudak odunu; yatlarda ve teknelerde, sandal ve tekne kürekleri, spor aletleri, beyzbol sopası ve bilardo istakaları, alet sapları, kavisli işler ile bükme [27] ve masif mobilya ile ahşap kaplama levha yapımında kullanılır [33]. Genellikle teknelerde posta, ve omurga yapımında kullanılabildiği gibi teknelerin iç dekorasyonunda da tercih edilmektedir [26]. Ayrıca odunu ağır, sert ve kaba tekstürlü bir yapıya sahip olup mobilya, karoseri, vagon, fiçı, kayak takımı imalatında da kullanılır [6]. Kaplama levha endüstrisinde yüksek elastikiyet ve yüksek eğilme direnci aranan kullanım alanlarında, örneğin spor aletleri yapımında geniş yıllık halkalı dişbudaklar tercih edilmektedir [2], [120], [121]. Endüstriyel olarak değerli bir odun türüdür [122].

1.5.4.2. Iroko (*Chlorophora excelsa*) Odununun Özellikleri

Moraceae familyasının bir türü olup Batı, Orta, ve Doğu Afrika'da doğal olarak yetişmektedir. Iroko'dan başka diğer ticari isimleri Kambala ve Odum'dur. Ağaç boyu 45 m, gövde çapı 0,6 -2,0 m, kullanılabilir gövde uzunluğu 20 - 28 m'dir. Gövde silindirik ve 1 m yüksekliğe kadar kök çıkıntılıdır [33]. Iroko odununun farklı kesitlerine ait mikroskobik görüntüsü Şekil 1.25'de verilmiştir.



Şekil 1.25. Iroko, a) enine kesit b) teğet kesit c) radyal kesit [33].

Mikroskobik yapı özellikleri bakımından, diri odunu 5-10 cm genişlikte, sarımsı beyaz ile gri renkte, öz odun başlangıçta gri sarı ile açık kahverengi, zamanla altın sarısı ile kahverengiye dönüşür. Yıllık halka sınırları, traheler ve boyuna parانشimler çıplak gözle, öz ışınları ise lup altında görülür. Tekstür orta ile kaba, yeknesak, kaba iğne çizikli, lif yapısı hafif girift, bazen düzensizdir. Yer yer kalsiyum karbonat birikmesi görülür, dekoratif bir görünüme sahiptir [33].

Mikroskopik yapı özellikleri bakımından, traheler dağınık, çoğunlukla tek tek ya da ikisi bir arada, nadiren radyal sıralı, çapları 32-230 μm , trahe sayısı mm^2 'de 1-10 adettir. Boyuna parانشimler paratraheal bileşik şeritli, kanatlı ve bileşik halkalıdır [33].

Öz ışınları heterojen, 6-26 hücre yüksekliğinde, 1-5 hücre genişliğinde, teğet kesitte mm^2 'de 3-9 adettir. Boyuna parانشimlerde ve öz ışını kenar hücrelerinde kristaller vardır. Esas doku libriform liflerinden oluşur [33]. Iroko'ya ait fiziksel ve mekanik özelliklerine ait veriler Çizelge 1.11'de verilmiştir.

Çizelge 1.11. Iroko odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [33].

Yoğunluk	D_o	0,48-0,67	g/cm^3
	D_{12}	0,65	g/cm^3
Daralma yüzdesi	β_r	3,5	%
	β_t	5,2	%
	β_v	11,0	%
Elastikiyet Modülü	E-Mod.	9900	N/mm^2
Eğilme direnci	σ_E	118	N/mm^2
Basınç direnci	$\sigma_B //$	58-81	N/mm^2
Çekme direnci	$\sigma_C //$	55-140	N/mm^2
Dinamik eğilme direnci	a	0,15-0,6	kN/cm

Kurutma ve işlenme özellikleri bakımından, ıroko kerestesinin kurutması kolay, fakat çarpılma ve çatlama riski az da olsa mevcuttur. Kullanım yerinde boyutsal sabitliği iyidir. İşlenme özelliği iyi, kesiciler üzerinde orta derecede köreltme etkisi vardır. Irokonun yapıştırılması ve çivi tutma özelliği, yüzey işlemleri, yüzeylerde doldurma ve temizleme yapıldığı takdirde verniklenmesi çok iyidir. Yüksek rutubette testere tozları derratitis ve astım gibi hastalıklara neden olabilmektedir [33].

Dayanıklılık ve emprenye edilebilme özelliği bakımından, diri odun mantar ve böceklerle karşı hassas, öz odun mantar, termit ve deniz zararlılarına karşı dayanıklıdır. Öz odun güç emprenye edilir. Kullanım yerleri; binalarda iç ve dış mekânlarda marangozluk işlerinde dekoratif kesme kaplama levha, döşeme, parke, mobilya, vagon, bahçe mobilyaları, yat ve kotra yapımında kullanılmaktadır [33], [123]. Harici alanlarda; havuz kenarlarında, bank ve bahçe mobilyalarında, çocuk parklarında, kent mobilyalarında, kamelya, saksı, çöp kutusu, güverte, yat mobilyası, duş zeminleri, bina dış cephe kaplamaları gibi alanlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır.

2. MATERİYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERİYAL

2.1.1. Araştırmada Kullanılan Ağaç Malzemeler

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan ağaç türlerinin seçilmesinde endüstriyel ısıtma işlemi (ThermoWood) uygulayan işletmeler tarafından kullanılarak, son ürün imalatı yapan piyasadaki müşteriler tarafından da tercih edilen yerli ve yabancı olmak üzere iki farklı ağaç türü seçilmiştir. Türkiye’de yat ve tekne imalat endüstrisi ile mobilya ve dekorasyon sanayinde (yat mobilyası, güverte, zemin döşemesi, havuz kenarları, bina dış cephe ve ıslak zemin kaplaması, bahçe, park, bank, otobüs durakları vb. kent mobilyaları gibi alanlarda) sık kullanım alanı bulan türler seçilmiştir. Türkiye’de doğal olarak yetişen ve hızlı gelişen bir tür olan dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), ve yabancı ağaç türü ise Nova Orman Ürünleri, Arın Orman Ürünleri ve Nasreddin Orman Ürünleri firmalarının ThermoWood uyguladığı ürünler arasında olan iroko (*Chlorophora excelsa*) tercih edilmiştir.

2.1.2. Odun Örneklerinin Elde Edilmesi

Örneklerin hazırlanmasında ülkemiz yat ve tekne imalatı ile mobilya sanayinde ticari öneme sahip olan, yerli tür olarak dişbudak ve yabancı tür olarak iroko tercih edilmiştir. Çalışmada dişbudak 8-10 cm kalınlığında, 20-25 cm genişlikte ve 2-2,5 metre boyunda kalas olarak Düzce’de bulunan Mercanlar Parke ve Kereste Ürünleri Ltd. Şti’den, temin edilmiştir. Yabancı tür olan iroko ise 10 x 200 x 2,5 cm ölçülerinde Bolu Gerede’de bulunan Nova Orman Ürünleri A.Ş’den rastgele seçim yöntemine göre temin edilmiştir. Ağaç malzemenin standartlara uygun olarak, budaksız, ardaksız, büyüme kusurları bulunmayan, düzgün lifli, öz ve diri odun kısımları karışık bir halde alınmasına özen gösterilmiştir.

2.1.3. Kullanılan Verniklere Ait Teknik Özellikler

Çalışmada su bazlı ST ve SÇ vernikleri ile solvent bazlı AK ve PU vernikleri kullanılmıştır. Verniklere ait teknik bilgiler Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Kullanılan verniklere ait teknik bilgiler.

Vernik Çeşidi	pH Derecesi	Katı Madde Oranı (%)	Uygulanan Vernik Miktarı (gr/m ²)	Numune Yüzeyi	Katman Sayısı
				gr/0.024 m ²	
ST Astar FX6350	9,12	22,0	110	2,64 gr	1 kat
ST Sonkat FX 7980	9,30	39,0	150	3,60 gr	2 kat
SÇ Astar FX 6450	9,21	19,0	110	2,64 gr	1 kat
SÇ Sonkat FX 980	8,55	34,5	175	4,20 gr	2 kat
Akrilik Dolgu	4,08	35,2	145	3,48 gr	1 kat
Akrilik Parlak	4,20	37,5	120	2,88 gr	2 kat
Poliüretan Dolgu	6,55	46,2	103	2,47 gr	1 kat
Poliüretan Parlak	6,25	46,9	100	2,40 gr	2 kat

ST: Su bazlı tek bileşenli vernik, SÇ: Su bazlı çift bileşenli vernik.

2.2. YÖNTEM

2.2.1. Isıl İşlem Uygulaması

Araştırmada kullanılan deney örnekleri; ThermoWood ısıtma işlem metodunu uygulayan Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.’nin Bolu - Gerede’de bulunan ThermoWood Kereste Üretim Fabrikasında endüstriyel ısıtma işlem sürecine tabi tutulmuşlardır. Dişbudak ve iroko örnekleri fabrika da bulunan bilgisayar kontrollü fırında, 190°C’de 1,5 saat ve 212°C’de 2 saat periyodlarında ThermoWood yönteminde belirtilen esaslara uygun olarak ısıtma işlemine tabi tutulmuştur.

ThermoWood yöntemi üç ana aşamada gerçekleştirilmiştir [7];

1) Sıcaklık artışı ve yüksek sıcaklıkta kurutma aşaması; sıcaklık ve buhar kullanılarak fırın sıcaklığı hızlı bir şekilde 100°C’ye çıkarılmıştır. Sonra, kurutmanın yer aldığı yüksek sıcaklık süresi boyunca sıcaklık muntazam bir şekilde 130°C’ye yükseltilmiş ve ahşaptaki rutubet içeriği yaklaşık % 0’a düşürülmüştür.

2) Asıl ısıtma işlem aşaması; Yüksek sıcaklık kurutması oluşur oluşmaz, fırın içerisindeki sıcaklık ThermoWood ısıtma işlem sınıflarına göre dişbudak ve iroko örnekleri için 190°C’de 1,5 saat ve 212°C’de 2 saat olarak bekletilerek ısıtma işlemine tabi tutulmuşlardır.

3) Soğutma ve kondisyonlama aşaması; son bölümde, su püskürtme sistemi kullanılarak odunun sıcaklığı 50-60°C'ye düşürülmekte ve ahşabın rutubeti % 4-6'ya ulaşınca kadar bu işleme devam edilmektedir.



Şekil 2.1. Isıl işleme tamamlanmış ağaç malzemeler [Foto Ulay].

2.2.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örnekleri, $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemli ortamda denge rutubet miktarına gelmesi için 4 hafta bekletilerek rutubetleri yaklaşık $\%6-8$ olacak şekilde sabit hale gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra deney malzemelerini 7,5 x 32 x 1,5 cm ölçüsüne getirmek için öncelikle Şekil 2.2'deki yan alma makinesinde kalınlıkları, daha sonra dört işlem makinesinde genişlik ve kalınlıkları belirlenen ölçüye getirilmiştir.



Şekil 2.2. Isıl işleme tamamlanmış ağaç malzemelerin kesilmesi [Foto Ulay].

Dört işlem makinesinde genişlik ve kalınlıkları ebatlanan 2 - 2,5 metre boyundaki malzemeler, daire testere makinesinde 7,5 x 32 x 1,5 cm olacak biçimde Şekil 2.4'deki gibi (2 ağaç türü x 3 ısıtma işlem x 4 vernik x 5 yaşlandırma x 10 ölçüm = 1200 adet) ölçülendirilmiştir.



Şekil 2.3. Ağaç malzemelerin deney ölçülerine getirilmesi [Foto Ulay].

Daha sonra tüm test örnekleri endüstriyel uygulamalara uygun olarak kalibre zımpara makinesinde sırasıyla 80 ve 120 no'lu zımpara sonra 180 no'lu zımpara (Şekil 2.4) ile kalibre edilerek yüzeyler düzgün hale getirilmiştir.



Şekil 2.4. Deney örneklerinin kalibre makinesinde zımparalanması [Foto Ulay].

Yüzey perdah işlemleri tamamlanan malzemeler TS 642 ISO 554 [124], standardına göre ortalama $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemli iklimlendirme ortamında, denge rutubet miktarına ($\%6-8$) gelinceye kadar bekletildikten sonra endüstriyel uygulamalara uygun olarak vernikleme işlemlerine geçilmiştir.

2.2.3. Verniklerin Hazırlanması ve Uygulanması

2.2.3.1. Su Bazlı Astar Vernik Uygulaması

Vernikleme öncesi $7,5 \times 32 \times 1,5$ cm son ölçüye getirilen örneklerin önce yüzeyleri yumuşak kıllı fırça ve sonrasında düşük basınçlı hava tutulmak suretiyle zımpara tozlarından temizlenmiştir. Isıl işlem gören dişbudak ve iroko deney örnekleri; Dual Boya Firması'ndan temin edilen astar vernikler, firma önerilerine göre uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Şekil 2.5'de yer alan AQUACOO FX 6350 ve 6450 kodlu biyosit ve lignin koruyucu içeren renksiz astar içerisine 10 saniyelik daldırma işlemi uygulanmıştır.



Şekil 2.5. Su bazlı UV koruyucu astar vernik uygulanması [Foto Ulay].

24 saat kuruması sağlanan deney örneklerine 400 no'lu zımpara ile çok hafif zımpara yapılarak kabaran lifler giderilmiştir. Kurumuş astar katının yüzeyden kazınmamasına dikkat edilerek perdah işlemi yapılmasının ardından önce yumuşak kıllı fırça ve sonrasında düşük basınçlı hava ile zımpara tozları temizlenmiştir. Deney malzemelerine sürülen vernik miktarı, 0,001 gr. hassasiyetindeki analitik bir terazi kullanılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Vernikleme işlemleri, Gebze'de bulunan Septemar Yatçılık Firmasına ait olan cila atölyesinde yapılmıştır. Akabinde su bazlı tek ve çift bileşenli son kat vernik uygulamasına geçilmiştir.

2.2.3.2. Su Bazlı Tek Bileşenli (ST) Vernik Uygulaması

Su bazlı tek bileşenli (ST) vernik uygulamasında Dual Boya Firmasının AQUACOOL FX 7980/00 kodlu, akrilik alifatik poliüretan reçine esaslı son kat parlak verniği kullanılmıştır. Yüzeye sürülecek vernik miktarının tespitinde katı madde oranları dikkate alınarak ve üretici firmanın tavsiyelerine uyulmuştur. Vernik özellikleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Su bazlı tek bileşenli (ST) vernik uygulaması.

Vernik özellikleri (ST)	Katman sayısı	Uygulama Miktarı	Katı madde miktarı
FX 6350 UV Koruyucu Astar 10 sn. daldırma yöntemi (%22)	1 defa uygulama	110 g/m ²	24,2 g/m ²
FX 7980 Son Kat Vernik (Akrilik alifatik poliüretan) Sprey tabancası ile Katı Madde (% 39)	1. kat uygulama	150 g/m ²	58,5 g/m ²
	2. kat uygulama	150 g/m ²	58,5 g/m ²
	Toplam Katı Madde Miktarı = 141,2 g/m²		

Uygulamada tabanca uç açıklığı 2.0 mm olan üstten hazneli püskürtme tabancası kullanılmıştır. Endüstriyel uygulamalara uygun olarak Çizelge 2.2'deki miktarlarda vernik uygulanmıştır. Püskürtme tabancası ile endüstriyel yüzey uygulamasına yönelik

olarak numune yüzeyine dik ve paralel olacak şekilde 20 - 25 cm mesafeden deney örnekleri yüzeyine vernik uygulanmıştır. Her bir kat uygulamasında öncelikle liflere dik sonrasında liflere paralel olmak üzere çapraz kat uygulanmıştır. Sprey tabancasının hava basıncı 2 bar olarak ayarlanmıştır. Vernik uygulamasında birinci kat uygulandıktan sonra 20°C ortam sıcaklığında 3 saat beklenerek ve kuruyan vernik katmanını 400 ile 600 no'lu zımpara ile çok hafif zımpara uygulamasının ardından ikinci kat uygulanmıştır.

2.2.3.3. Su Bazlı Çift Bileşenli (SÇ) Vernik Uygulaması

Su bazlı çift bileşenli alifatik poliüretan reçine esaslı son kat parlak vernik uygulamasında Dual Boya Firmasının AQUACOOOL 0980/00 Dış Mekân renksiz son kat verniği (vernük + AQUACOOOL AX 0115 sertleştirici (%25) + su (%5)) kullanılmıştır. Endüstriyel uygulamalara uygun olarak Çizelge 2.3'de verilen miktarlarda uygulanmıştır.

Çizelge 2.3. Su bazlı çift bileşenli (SÇ) vernik uygulaması.

Vernik özellikleri (SÇ)	Katman sayısı	Uygulanan Miktar	Katı madde miktarı
FX 6450 UV Koruyucu Astar 10 sn. daldırma yöntemi (%19)	1 defa uygulama	110 g/m ²	20,9 g/m ²
FX 0980 Son Kat Vernik (Akrilik alifatik poliüretan) Sprey tabancası ile Katı Madde (% 34,5)	1. kat uygulama	175 g/m ²	60,3 g/m ²
	2. kat uygulama	175 g/m ²	60,3 g/m ²
	Toplam Katı Madde Miktarı =		141,5 g/m²

Uygulama sırasında Çizelge 2.3'de verilen verniklere ait katı madde miktarlarının oranına göre film katman kalınlıklarının birbirine eşit olmasına özen gösterilmiştir. ST vernik son kat için uygulanan yüzey işlemleri bu aşamada SÇ vernik son kat uygulamasında da aynen tatbik edilmiştir.

2.2.3.4. Akrilik Çift Bileşenli Vernik (AK) Uygulaması

Akrilik reçine esaslı çift bileşenli son kat parlak vernik uygulamasında Kayalar Kimya Firmasının Genç marka, sonkat parlak AK vernik ürünleri (VA104.77, VA500.00) kullanılmıştır. Endüstriyel uygulamalara uygun olarak Çizelge 2.4'de verilen miktarlarda uygulanmıştır.

Çizelge 2.4. Akrilik çift bileşenli (AK) vernik uygulaması.

Vernik özellikleri (AK)	Katman sayısı	Uygulanan Miktar	Katı madde miktarı
Dolgu verniği Sprey tabancası ile (%35,2)	1 kat uygulama	145 g/m ²	51,4 g/m ²
Akrilik Son Kat Vernik Sprey tabancası ile Katı madde miktarı (%37,5)	1. kat uygulama	120 g/m ²	45 g/m ²
	2. kat uygulama	120 g/m ²	45 g/m ²
	Toplam Katı Madde Miktarı =		141,4 g/m²

Uygulamada tabanca uç açıklığı 2.0 mm olan alttan hazneli püskürtme tabancası kullanılmıştır. Püskürtme tabancası ile endüstriyel yüzey uygulamasına göre numune yüzeyine dik ve uzaklığı 20-25 cm olacak şekilde paralel hareket ettirilerek, her katta önce liflere dik, sonra liflere paralel olmak üzere çapraz kat uygulaması yapılmıştır. Uygulamadaki hava basıncı 2 bar olarak seçilmiştir. Vernik uygulamasında dolgu katmanı uygulandıktan sonra 20°C ortam sıcaklığında 24 saat beklenmiş ve kuruyan katman 220 ve 320 no'lu zımpara ile zımparalandıktan sonra, iki kat sonkat uygulanmıştır. Son katlar arası vernik üretici firma önerisine uygun olarak 15-20 dakika beklenmiştir. Uygulama sırasında Çizelge 2.4'de verilen verniklere ait katı madde miktarlarının oranlarına göre film katman kalınlıklarının birbirine eşit olmasına özen gösterilmiştir.

2.2.3.5. Poliüretan (PU) Çift Bileşenli Vernik Uygulaması

Poliüretan reçine esaslı çift bileşenli son kat parlak vernik uygulamasında Kayalar Kimya Firmasının Genç marka, sonkat parlak PU vernik (VP380.77 ve VP500.00) kullanılmıştır. Endüstriyel uygulamalara göre Çizelge 2.5'de verilen miktarlarda uygulanmıştır.

Çizelge 2.5. Poliüretan çift bileşenli (PU) vernik uygulaması.

Vernik özellikleri (PU)	Katman sayısı	Uygulanan Miktar	Katı madde miktarı
Dolgu verniği Sprey tabancası ile (% 46,2)	1 kat uygulama	103 g/m ²	47,5 g/m ²
Poliüretan Son Kat Vernik Sprey tabancası ile Katı madde miktarı (% 46,9)	1. kat uygulama	100 g/m ²	46,9 g/m ²
	2. kat uygulama	100 g/m ²	46,9 g/m ²
	Toplam Katı Madde Miktarı =		141,3 g/m²

Uygulama sırasında Çizelge 2.5'de verniklere ait katı madde miktarlarının oranlarına göre film katman kalınlıklarının birbirine eşit olmasına özen gösterilmiştir. AK vernik dolgu ve son katlar için uygulanan yüzey işlemleri bu aşamada PU vernik uygulamasında da aynı işlemler yapılmıştır.

2.2.4. UV Hızlandırılmış Yaşlandırma Öncesi Deney Örneklerinin Hazırlanması

Isıl işlem gören ahşap malzemeler deney malzemesi (7,5 x 32 x 1,5 cm) ölçülerinde kesilerek hazırlanmıştır. Perdah işlemleri tamamlanan deney malzemelerinin yüzeyleri, kenarlar ve maktaları olmak üzere her bir tarafı ST, SÇ, AK ve PU vernikleri ile kaplanmıştır. Vernik uygulanan (2 ağaç türü x 3 ısıl işlem x 4 vernik x 5 yaşlandırma x 5 test = 600 adet) deney malzemeleri 4 hafta tam kuruma için bekletildikten sonra yaşlandırma testi için hazır hale getirilmiştir.

2.2.5. UV Hızlandırılmış Yaşlandırma Uygulaması

Iroko ve dişbudak odunlarına ait deney örneklerine, su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler uygulandıktan sonra iklimlendirme odasında TS 642 ISO 554 [124]'e göre, $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65\pm 3$ bağıl nem şartlarında dört hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra vernikli malzemeler; UV-B 313 EL tipi floresan lambalarının bulunduğu QUV accelerated weathering tester cihazında ISO-11507-A [125] standartlarına göre yaşlandırılmıştır. Yaşlandırma ortam koşulları (0.67 ışık şiddeti, 15 dakika su sprej, 4 saat UV ve 50°C ortam sıcaklığı döngüsü ile) belirlenerek, 144, 288, 432 ve 576 saatlik süreler boyunca yaşlanmaya maruz bırakılmıştır. UV yaşlandırmaya maruz bırakılan tüm deney örnekleri için yaşlandırma periyodu sonrasında yeterli süre kondisyonlama işleminden sonra testler gerçekleştirilmiştir.

2.3. DENEME YÖNTEMLERİ

Verniklenen malzemelerin ölçümleri yapılmadan önce TS 642 ISO 554 [124]'e göre örnekler $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nemdeki iklimlendirme ortamında 3 hafta süreyle kondisyonlanarak deneylere hazır hale getirilmiştir. Bu çalışmada 0, 144, 288, 432, 576 saatlik UV yaşlandırma periyodları sonrasında her bir varyasyona ait 10'ar ölçüm alınarak; katman kalınlık ölçümü, renk ölçümü, parlaklık ölçümü, yüzey pürüzlülüğü, salınımsal sertlik ve yüzeye yapışma mukavemeti testlerine ait aritmetik ($\bar{X}$) değerleri hesaplanmıştır.

Bu araştırmada 600 adet (2 ağaç türü x 3 ısıl işlem x 4 vernik türü x 5 yaşlandırma x 5 adet test = 600 adet) deney malzemesi kullanılmıştır. Her bir varyasyon için 10'ar ölçüm olmak üzere $600 \times 10 = 6000$ ölçüm gerçekleştirilmiştir.

2.3.1. Ağaç Malzemelerin Hava Kuruş Yoğunluk Değerleri Tayini

Hava kuruş yoğunluklar için, TS 2470 [126] no'lu standarda göre $2 \times 2 \times 3$ cm boyutlarında olmak üzere her bir varyasyon için 10'ar adet olmak üzere 60 deney örneği hazırlanmış, yoğunlukların belirlenmesi için TS 2472 [127] esaslarına uyulmuştur.

Hava kuruş yoğunluk (δ_{12}) tayini için, örnekler iklimlendirme odasında $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65\pm 5^{\circ}\text{C}$ bağıl nemde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Değişmez ağırlığa gelen örneklerin 0,01 gr duyarlıklı elektronik terazide tartılarak ağırlıkları, $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpas ile boyutları ölçülerek hacimleri

bulunduktan sonra hava kurusu yoğunlukları (δ_{12}); hava kurusu ağırlık (M_{12}) ve hacim (V_{12}) değerlerine göre; Denklem (2.1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} (gr/cm^3) \quad (2.1)$$

Eşitlikteki sembollerin açıklaması aşağıda verilmiştir;

δ_{12} : Hava kurusu yoğunluk, (gr/cm³)

M_{12} : Hava kurusu ağırlık, (gr)

V_{12} : Hava kurusu hacim, (cm³)

Rutubet değerleri %12 $\pm$ 3 aralığında değişen test ve kontrol örneklerinin %12 rutubetteki yoğunluk değerine dönüştürülmesinde Denklem (2.2)'den yararlanılmıştır. Ancak, belirtilen aralığın dışında rutubet değerlerine sahip varyasyonlara herhangi bir rutubet dönüşümü yapılmamıştır.

$$\delta_{12} = \delta_r \times \left[\frac{(1 - 0,85x \delta_r)x(r - 12)}{100} \right] \left(\frac{gr}{cm^3} \right) \quad (2.2)$$

Bu eşitlikte;

δ_{12} : Hava kurusu yoğunluk (gr/cm³)

δ_r : Herhangi bir rutubetteki yoğunluk değeri (g/cm³)

r : Örneklere ait rutubet (%) değeridir.

Bu çalışmada, hava kurusu yoğunluk ölçümleri için toplamda 60 adet (2 odun türü x 3 ısı işlem x 10 örnek = 60 adet) örnek hazırlanmıştır.

2.3.2. Vernikler İçin Katı Madde Oranlarının Belirlenmesi

Katı madde tayinin belirlenmesindeki amaç; eşit kalınlıkta katmanlar oluşturmak amacıyla vernik türünün katman yapma özelliğini tespit edebilmektedir. Bunun için; ASTM D 1644-01 [128] no'lu standarda uyularak; vernikler, darası alınan Ø 75 $\pm$ 5 mm'lik konkav saat camına 2 $\pm$ 0,2 gr olacak şekilde damlalık ile damlatılmış, akabinde etüvde 60°C'de ağırlık sabit hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Bu sürecin sonunda vernik içine katılan çözücülerin tam olarak buharlaştırıldıktan sonra tartımlar 0,001 gr hassasiyete sahip dijital terazide tekrardan yapılmıştır [14].

Vernik katı madde miktarı aşağıdaki Denklem (2.3) ve Denklem (2.4)'deki formüller ile hesaplanmıştır [14].

$$Km = [(Vu - \text{Çb})/Vu] \times 100 \quad (2.3)$$

Bu formülde;

Vu = Uygulanan vernik (g),

Çb = Buharlaştan çözücü (g),

Km = Katı madde (%)

$$Vu = G - D \text{ ve } \text{Çb} = G - E \quad (2.4)$$

G = Yaş ağırlık (g),

D = Dara (g),

E = Kuru ağırlık (g)

Katı madde miktarını belirlemek için her bir vernik çeşidinden 5 adet olmak üzere toplamda 20 adet ölçüm (4 vernik çeşidi x 5 ölçüm = 20 adet) gerçekleştirilmiştir.

2.3.3. Astar Vernik Retensiyon Oranlarının Belirlenmesi

Vernik üretici firmanın önerilerine göre uygulamaya hazır hale getirilen AQUACOL FX 6350 ve FX 6450 kodlu renksiz astar verniğinin uygulanmasında kısa süreli emprenye daldırma yöntemi kullanılarak, deney numuneleri 10 saniye süre ile astar vernik maddesi içerisine daldırıp çıkarılmıştır [73].

Emprenye edilen örneklerin absorbe ettikleri çözelti miktarları ve net kuru madde miktarları TS 5723 [129] standardında belirtilen yol takip edilerek aşağıdaki Denklem (2.5) ve Denklem (2.6)'ya göre hesaplanmıştır [74], [130], [131].

$$\text{Retensiyon} = \frac{G \times C}{V} \times 10 \text{ kg/m}^3 \quad (2.5)$$

Eşitlikte;

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

m_0 = Emprenye öncesi kuru ağırlık (g)

m_1 = Emprenye sonrası yaş ağırlık (g)

C = Çözelti konsantrasyonu

V = Odun örneğinin hacmi (cm^3)dir.

$$Retensiyon \% = \frac{Moes - Moeö}{Moeö} \times 100 \quad (2.6)$$

Eşitlikte;

Moes = Emprenye sonrası numunenin tam kuru ağırlığı (g)

Moeö = Emprenye öncesi numunenin tam kuru ağırlığı (g)

Su bazlı ST ve SÇ verniklere ait astar uygulaması sonucunda retensiyon oranlarının belirlenmesi için toplamda 120 adet (2 ağaç türü x 3 ısıt işlem x 2 vernik türü x 10 ölçüm = 120 ölçüm) deney örneği kullanılarak belirlenmiştir.

2.3.4. Kuru Film Kalınlığının Belirlenmesi

Bu çalışmada kullanılan verniklerin kuru film katman kalınlıkları Şekil 2.6’da gösterilen PosiTector 200 cihazında ASTM D 6132 [132] no’lu standart da belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.6. PosiTector 200 kuru film katman kalınlığı ölçüm cihazı.

Farklı mikron kalınlıklarına sahip film tabakaları ile kalibresi doğrulanan cihazın probu, vernikli ahşap malzeme üzerine damlatılan jel (DeFelsko marka - Ultrasonic couplant) üzerine Şekil 2.7’de gösterildiği gibi bastırmak kaydı ile ölçüm gerçekleştirilir.



Şekil 2.7. PosiTector 200 cihazı ile kuru film kalınlığı ölçümü [Foto Ulay].

Cihaz ultrasonik olarak sinyal gönderdikten hemen sonra tarama yapması ile otomatik olarak mikron kalınlığına ait sayısal değer Şekil 2.7’de yer alan cihaz ekranında okunmaktadır.

Bu çalışmada deney malzemeleri üzerine uygulanan kuru vernik katman kalınlıklarını belirlemek için toplamda 210 adet (2 ağaç tür x 3 ısıt işlem x 4 vernik türü x 10 ölçüm) ölçüm yapılmıştır.

2.3.5. Renk Farkının Belirlenmesi

Renk ölçümleri, ASTM D 2244-16 [133]’de belirtilen esaslara ışık kaynağı D65, 10° olarak kalibre edilen Şekil 2.8’de yer alan renk ölçüm cihazında yaşlandırma süresi tamamlanan her bir deney malzemesi yüzeyinden renk ölçümü yapılmıştır.

1976 yılında Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l’Eclairage (CIE)) tarafından CIELAB renk aralığı tanımlanmıştır. Bu sistemde renk 3 boyut içinde bir nokta olarak temsil edilmektedir [74].

CIEL a^* b^* renk sisteminde, renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri L^* , a^* , b^* renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Bunlardan, L^* siyah-beyaz (siyah için $L^*= 0$, beyaz için $L^* = 100$) ekseninde, a^* kırmızı- yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri ise yeşil) ekseninde, b^* ise sarı- mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır [134].



Şekil 2.8. Renk ölçüm cihazı ile renk ölçümü [Foto Ulay].

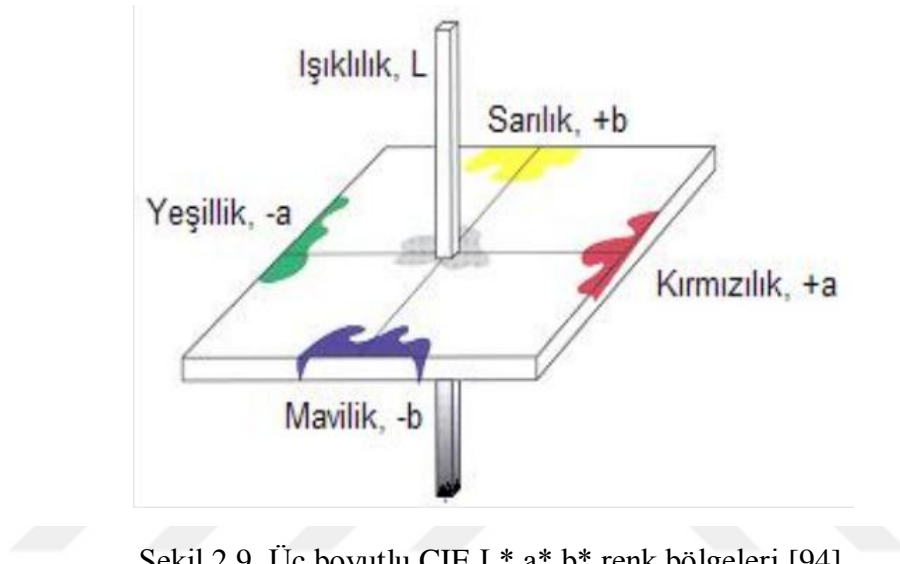
Şekil 2.9’da gösterilen renk alanında L^* koordinatı dikey eksenini (y), a^* koordinatı yatay (x) eksenini ve b^* koordinatı da (z) eksenini oluşturmaktadır. CIEL* a^* b^* renk

sisteminde, renk arasındaki toplam renk değişimini hesaplamak için [74], [130]; Denklem (2.7) kullanılmaktadır [94], [130].

$$\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]} \quad (2.7)$$

Bu eşitlikten elde edilen ΔE^* değerinin düşük olması, ölçülen rengin değişmediği ya da çok az bir değişim olduğunu göstermektedir [130].

CIE L^* , a^* , b^* renk alanı Şekil 2.9'da gösterilmiştir.

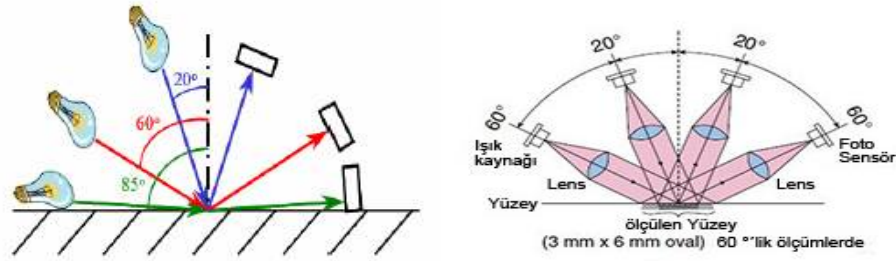


Şekil 2.9. Üç boyutlu CIE L^* a^* b^* renk bölgeleri [94].

Bu çalışmada 7,5 x 32 x 1,5 cm ölçülerinde ebatlanan deney malzemelerinin renk ölçümleri için toplam 120 adet (2 ağaç türü x 3 ısıl işlem x 4 vernik türü x 5 yaşlandırma = 120 adet) örnek hazırlanmıştır. Örneklerde renk a^* , b^* , L^* , ΔE^* değerleri için 1200'er (120 adet x 10 ölçüm) defa ölçüm yapılarak deney malzemelerinin renk değerlerine ait toplamda 4800 adet veri elde edilmiştir.

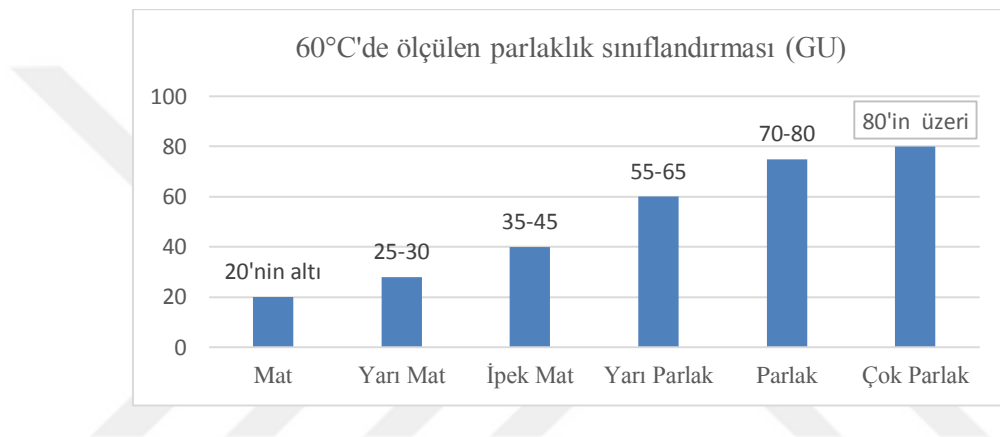
2.3.6. Yüzey Parlaklık Değerinin Belirlenmesi

Parlaklık kavramı; gelen ışığın ne oranda, aynı açıyla yansıdığının ölçüsüdür. Dolayısıyla, yüzeyin yansıtmayı ne oranda yaptığını belirlemek için glossmetre adı verilen cihazlar kullanılır. Parlaklık ölçüm açıları Şekil 2.10'da gösterildiği gibidir.



Şekil 2.10. Üç farklı açıda parlaklık ölçümü [74].

Genellikle parlaklık ölçümlerinde 60°'lik ölçüm açısı kullanılır. Parlaklık düzeyinin sınıflandırması, Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Parlaklık düzeyinin sınıflandırması [94].

Parlaklık özelliği, vernik ile kaplanmış yüzeylerin gelen ışığı yansıtma kabiliyetinden yararlanarak ISO 2813 [135]'de belirtilen esaslara göre belirlenmektedir. Parlaklık ölçüm cihazı (gloss-metre) ile liflere dik ve liflere paralel (Şekil 2.12) olmak üzere ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçüm birimi gloss unit (GU) dir.



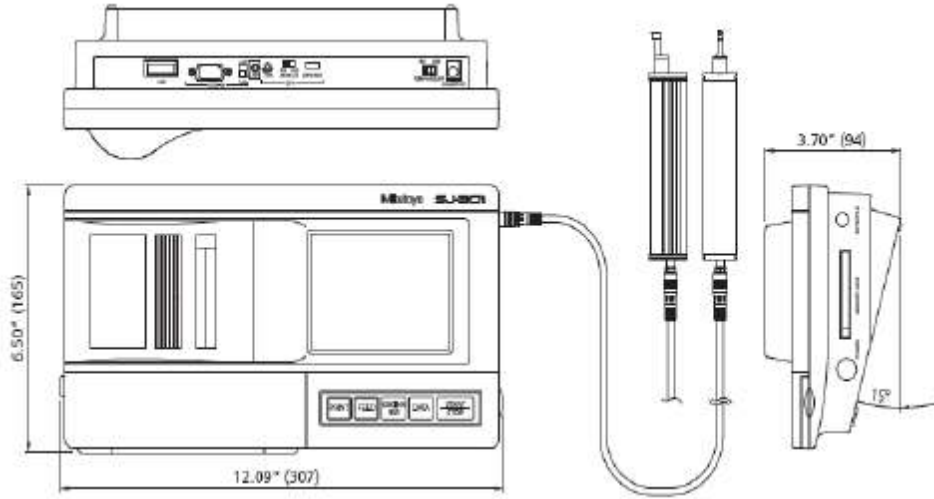
Şekil 2.12. Parlaklık ölçüm cihazı [Foto Ulay].

Parlaklık ölçümleri için toplamda 120 adet (2 ağaç türü x 3 ısıl işlem x 4 vernik türü x 5 yaşlandırma x 10 ölçüm = 1200 ölçüm) örnek hazırlanmıştır. Örneklerde parlaklık

ölçümlerinden liflere dik (1200 ölçüm) ve liflere paralel yönde (1200) olmak üzere toplamda 2400 adet veri elde edilmiştir.

2.3.7. Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi

Yüzey pürüzlülüğü ahşap ve ahşap ürünlerin yüzey işlemlerinde çok önemli bir rol oynar. Zımparalamanın genel kalitesi kabul edilen bir yüzey işlemi için kullanılacak son işlemin miktarı, ahşap malzemenin yüzeyi ile yakından ilişkili iki ana husustur [86]. Deney malzemelerinin yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde, Şekil 2.13'deki Mitutoyo Surftest SJ-301 model dokunmalı (iğneli) pürüzlülük ölçüm aleti kullanılmıştır. Cihaz, pürüzlülük ölçümünde, 5 µm çaplı elmas ucunu örnek yüzeyinde ileri ve geri hareket ettirmek suretiyle yüzeydeki yiv ve setlerin profilini çıkararak sayısal değer olarak çıktı sağlar.



Şekil 2.13. Mitutoyo surftest SJ-301 pürüzlülük cihazı görünümü [74].

Her yaşlandırma periyodu sonunda yüzey pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır. Alet ölçme hızı 10 mm/dak ve iğne çapı 4 µm olarak seçilmiştir. Ölçme liflere dik yönde yapılmış, değerlendirme uzunluğu (tarama uzunluğu) $L_t=12,5$ mm, örnekleme uzunluğu (sınır dalga boyu) $\lambda=2,5$ mm seçilerek pürüzlülük değeri $\pm 0,5$ mm duyarlılıkta belirlenmiştir. Ölçmelerde tarama iğnesinin örnek yüzeylerinde kusurlara (çizik, kesik vb.) yol açmaması için alet tarama kolu yükü 10 gramdan düşük tutulmuş; tarama iğnesi ucu hücre boşluklarına takıldığında ölçme tekrarlanmıştır. Ölçme ortamı gürültü kaynaklarından uzak tutulmuş, aletin yerleştirildiği masa titreşimleri önleyici yalıtkan bir malzeme ile kaplanmıştır. Ayrıca ortam sıcaklığının 18-22°C arasında olması sağlanmıştır [74].



Şekil 2.14. Mitutoyo surfest SJ-301 cihazı ile pürüzlülük ölçümü [Foto Ulay].

Deney örneği ve cihazın yer düzlemine paralelliğinin kontrolü ve ayarı yapıldıktan sonra R_a , R_z ve R_q değerleri, ISO 4287 [136] standardına göre belirlenmiştir.

Bu çalışmada deney örnekleri 7,5x32x1,5 cm ölçülerinde ebatlanmıştır. Pürüzlülük ölçümleri için toplamda 120 adet (2 ağaç türü x 3 ısıt işlem x 4 vernik türü x 5 yaşlandırma x 10 ölçüm = 1200 ölçüm) örnek hazırlanmıştır. Deney örneklerinin pürüzlülük ölçümlerinde her bir R_a^* , R_q^* , R_z^* için 1200'er (120 x 10 ölçüm) toplamda 3600 ölçüm sonucu elde edilmiştir.

2.3.8. Salınımsal Sertlik Değerinin Belirlenmesi

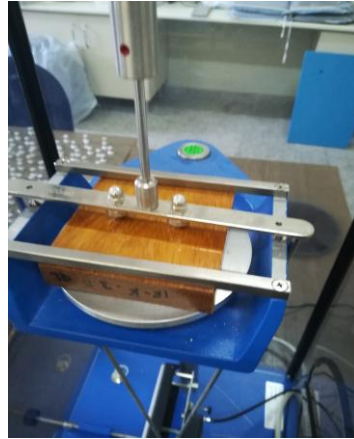
Vernik katmanının dış etkenlere dayanıklılığını belirleyen sertlik değerleri ANS/ISO 1522 [137]'de belirtilen esaslara uyularak, pandüllü sertlik ölçüm cihazı ile köning yöntemine göre yapılmıştır. Şekil 2.15 ve Şekil 2.16'daki cihaz, örnek platformuna yerleştirilen numune yüzeyinde $63 \pm 3,3$ HRC sertliğinde ve $5 \pm 0,0005$ mm çapında iki bilye ile salınım yapan pandül salınımlarına göre katman sertliklerini belirler.

Cihaz ekranda okunan rakamın fazla olduğu yüzeyler sert, az olduğu yüzeyler ise daha düşük sertlikte olmaktadır [1].



Şekil 2.15. Köning pandüllü salınımsal sertlik ölçüm test cihazı [Foto Ulay].

Vernik uygulamasından sonra tam kuruması sağlanan deney örnekleri ANS/ISO 1522 [137]'de belirtilen esaslar çerçevesinde $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%50\pm 5$ bağıl nem şartlarında 16 saat süreyle kondisyonlanarak ölçümlere hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2.16. Sertlik cihazı salınım ünitesi ve numune [Foto Ulay].

Bu çalışmada salınımsal sertlik ölçümü için deney örnekleri 7,5 x 7,5 x 1,5 cm ölçülerinde ebatlanmıştır. Yüzeye ait salınımsal sertlik ölçümleri için toplamda 480 adet (2 ağaç türü x 3 ısıt işlem x 4 vernik türü x 5 yaşlandırma x 4 örnek x 10 ölçüm = 4800 ölçüm) örnek hazırlanmıştır.

2.3.9. Yüzeye Yapışma Direnci Değerlerinin Belirlenmesi

Denemelerde, ASTM D-4541 [138], TS 6884 [139]'de belirtilen esaslara göre, koruyucu katmanların yapışma direncini ölçmek için Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü üst yüzey laboratuvarında bulunan ve pnömatik sistemle çalışan Şekil 2.17'deki adezyon testi deney cihazı kullanılmıştır.



Şekil 2.17. PosiTest AT-A adezyon test cihazı ve ekipmanı [Foto Ulay].

Deney cihazının çalışma prensibi; örnek yüzeylerinde hazırlanan koruyucu katmanlara yapıştırılan Ø 20 mm çapındaki alüminyum dolly'ler 90 saniye sürede yüzeyden çekilerek katmandan kopartma esasına dayanır. Test sonucunda sayısal verilere dayalı yapışma direnci değerleri MPa (megapaskal) ve PSi (Paund square inch) birimleri olarak elde edilmektedir.

Denemelerde, ASTM D 4541 [138] ve TS 6884'e [133] göre çift bileşenli epoksi reçine esaslı, vernik katmanları üzerinde çözücü etkisi olmayan ve yüksek yapışma gücüne sahip Şekil 2.18'deki 404 marka yapıştırıcı 150±10 g/m² hesabı ile kullanılmıştır.



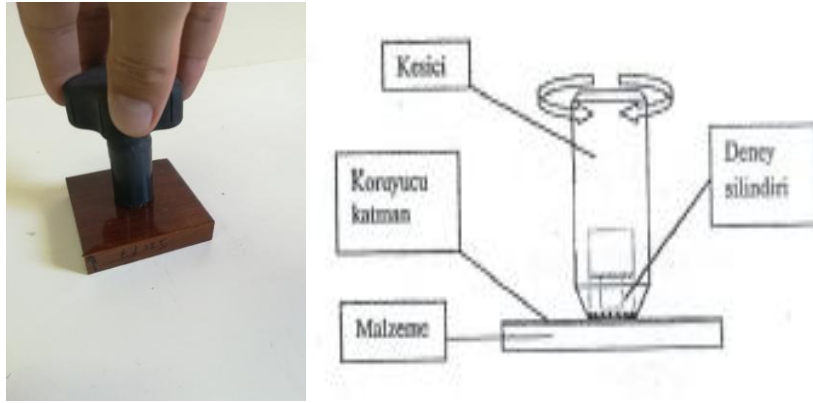
Şekil 2.18. Epoksi esaslı yapıştırıcı ve dolly hazırlanması [Foto Ulay].

Deneme örnekleri üzerine, yapıştırıcı alt yüzey alanı Ø 20 mm olan alüminyum dolly Şekil 2.19'da verilen kalıp yardımı vernikli yüzeye yapıştırılarak oda sıcaklığında 24 saat kuruma için bekletilmiştir.



Şekil 2.19. Deney parçalarına kalıp yardımıyla dolly yapıştırılması [Foto Ulay].

Tam kuruması gerçekleşen deney örneklerinin kenarlarındaki vernik katmanın uygun aparat yardımıyla ağaç malzeme yüzeyine kadar temizlenmesi Şekil 2.20’de gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 2.20. Deney örneklerinin çekme işlemi için hazırlanması [Foto Ulay].

Şekil 2.20’deki gibi vernik katmanları kesilerek test işlemi için hazır hale getirilen deney parçalarının 90 saniye süreyle çekme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çekme işlemi yapıldıktan sonra dolly yüzeyleri Şekil 2.21’deki gibi selülozik tiner ile temizlenmiştir.



Şekil 2.21. Çekme işlemi sonrası dolly görünümü [Foto Ulay].

Çekme işlemi tamamlanan dolly (çekme silindiri) yüzeylerindeki vernik, tutkal ve ahşap kalıntıları tiner yardımıyla temizlendikten sonra kurumaya bırakılmıştır.

Bu çalışmada deney örnekleri 7,5 x 7,5 x 1,5 cm ölçülerinde ebatlanmıştır. Yüzeye yapışma direnci (adezyon) ölçümleri için toplamda 960 adet (2 ağaç türü x 3 ısıt işlem x 4 vernik türü x 5 yaşlandırma x 10 numune x 1 ölçüm = 960 ölçüm) örnek hazırlanmıştır.

2.4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmada yapılan İstatistiksel analizlerde, farklı süre ve sıcaklıklarda ısıt işleme tabi tutulduktan sonra verniklenen ve akabinde hızlandırılmış UV yaşlandırılma testine maruz bırakılmamış (kontrol) örnekler ile hızlandırılmış UV yaşlandırılma testine 144, 288, 432, ve 576 saat maruz bırakılmış örneklerle ait sonuçlar karşılaştırılmıştır. Değerlendirmelerde IBM şirketine ait SPSS.23 [140] istatistik paket programı kullanılmış, Çoklu Varyans Analizi “ANOVA” testleri sonucunda, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin renk, parlaklık, pürüzlülük, sertlik, yüzeye yapışma direncine etkileri ve bu faktörlerin karşılıklı tekli, ikili, üçlü, dörtlü etkileşimleri belirlenmiştir. Varyans analiz sonuçlarında %95 güven düzeyinde önemli çıkan etkileşim gruplarına Duncan testi uygulanmak suretiyle homojenlik grupları belirlenmiştir. Daha sonra homojenlik gruplarına ait ortalama değerlerin karşılaştırılması suretiyle, farklılığın hangi faktörlerden kaynaklandığı sorgulanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. AĞAÇ MALZEME HAVA KURUSU YOĞUNLUK DEĞERİ

Iroko ve dişbudak örneklerinden elde edilen deney örneklerine ait hava kurusu yoğunluk değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Hava kurusu yoğunluk değerleri (gr/cm³).

Ağaç Türü	Isıl işlem	N	Hava Kurusu Yoğunluk (%12)
			$\bar{X}$
Dişbudak	Kontrol	10	0,723
	190°C -1,5 saat	10	0,706
	212°C – 2 saat	10	0,694
Iroko	Kontrol	10	0,687
	190°C -1,5 saat	10	0,664
	212°C – 2 saat	10	0,658

N: Örnek sayısı, $\bar{X}$: Aritmetik ortalama

Hava kurusu yoğunluk değerleri, ağaç malzeme türü ve ısıl işlem düzeyinde en yüksek ısıl işlemsiz dişbudak örneklerinde (0,723), en düşük 212°C’de 2 saatlik ısıl işlem gören iroko örneklerinde (0,658) elde edilmiştir (Çizelge 3.1).

3.2. KULLANILAN VERNİK ÖZELLİKLERİ

3.2.1. Katı Madde Miktarları

Çalışmada kullanılan verniklere katı madde miktarlarına ait bilgiler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kullanılan verniklere ait katı madde miktarları.

Vernik Çeşidi	Katı Madde Oranı (%)
ST Astar FX6350	22,0
ST Son kat FX 7980	39,0
SÇ Astar FX 6450	19,0
SÇ Son kat FX 980	34,5
Akrilik Dolgu	35,2
Akrilik Son kat	37,5
Poliüretan Dolgu	46,2
Poliüretan Son kat	46,9

3.2.2. Astar Vernik Retensiyon Oranlarının Belirlenmesi

Su bazlı verniklerin astar uygulamalarına ait 10 saniye süreyle daldırma işleminden sonra Denklem (2.5) ve Denklem (2.6) kullanılarak hesaplanan değerler Çizelge 3.3’de verilmiştir. Her varyasyondan 120 adet numune olmak üzere 120 ölçüm yapılmıştır.

Çizelge 3.3. Su bazlı astarların retensiyon miktarları ve oranlarına ait değerler.

Astar	Ağaç	Isıl İşlem	R (kg/m ³)	Ss	R (%)	Ss
ST Vernik FX 6350	Iroko	Kontrol	1,2500	0,31	2,7562	1,10
		190°C – 1,5 saat	1,0503	0,19	1,2132	0,65
		212°C – 2 saat	1,0764	0,18	1,1277	0,63
	Dişbudak	Kontrol	1,1632	0,12	2,2185	0,37
		190°C – 1,5 saat	0,8507	0,22	0,5387	0,83
		212°C – 2 saat	0,8681	0,18	0,3728	0,64
SÇ Vernik FX 6450	Iroko	Kontrol	0,9288	0,26	1,5637	0,82
		190°C – 1,5 saat	1,0156	0,22	1,1922	0,64
		212°C – 2 saat	0,9462	0,16	0,6685	0,57
	Dişbudak	Kontrol	0,8333	0,19	1,2668	0,61
		190°C – 1,5 saat	0,9201	0,20	0,6093	0,54
		212°C – 2 saat	0,7813	0,17	0,2937	0,55

Ss: Standart Sapma değeri, R: Retensiyon miktarı (kg/m³), R: Retensiyon Oranı (%)

ST vernik için uygulanan FX 6350 kodlu su bazlı astar vernik uygulamasında iroko deney örneklerine ait en yüksek retensiyon değeri ısıtıl işlem uygulanmamış kontrol (1,2500 kg/m³) örneklerinde, en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıtıl işlem görmüş deney örneklerinde (1,0503 kg/m³) elde edilmiştir. Dişbudak deney örneklerinde ise en yüksek değer, ısıtıl işlemsiz kontrol örneklerinde (1,1632 kg/m³), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıtıl işlem görmüş deney örneklerinde (0,8507 kg/m³) elde edilmiştir (Çizelge 3.3).

SÇ vernik için uygulanan FX 6450 kodlu su bazlı astar vernik uygulamasında iroko deney örneklerine ait en yüksek retensiyon değeri; 190°C’de 1,5 saat ısıtıl işlem uygulanan örneklerinde (1,0156 kg/m³), en düşük değer ise ısıtıl işlemsiz kontrol deney örneklerinde (0,9288 kg/m³) elde edilmiştir. Dişbudak deney örneklerinde ise en yüksek değer; 190°C’de 1,5 saat ısıtıl işlem görmüş örneklerde (0,9201 kg/m³), en düşük değer 212°C’de 2 saat ısıtıl işlem görmüş örneklerde (0,7813 kg/m³) elde edilmiştir (Çizelge 3.3). İki farklı astar vernik uygulaması sonucunda elde edilen retensiyon oranlarındaki farklılık vernik yapısında kullanılan UV koruyucu ve biosit gibi katkı maddelerinden veya diğer yapısal bileşiklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

3.2.3. Kuru Film Kalınlıkları

Deneylerde kullanılan vernik türlerine ait kuru film katmanlarının kalınlıklarına ait aritmetik ortalama değeri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Vernik türlerine ait ortalama kuru film kalınlıkları (μm).

Katman Kalınlığı (μm)	Vernik Çeşitleri			
	ST	SÇ	AK	PU
Astar + Sonkat	105,0 μm	112,4 μm	130,2 μm	141,8 μm

Verniklere ait ortalama kuru katman kalınlığı PU vernikte (141,8 μm) olmak üzere AK vernikte (130,2 μm), SÇ vernikte (112,4 μm) ve ST vernikte (105,0 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.4).

3.3. RENK DEĞİŞİMLERİ

3.3.1. Kırmızı Renk Tonu (a^*) Değeri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısı işlem gören ıroko ve dişbudak deney malzemeleri, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra 0, 144, 288, 432, 576 saat süreyle UVB-313 nm tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırılmaya maruz bırakılmıştır. Yaşlandırılan deney örnekleri yüzeylerinden elde edilen ortalama (a^*) değeri ve standart sapma değeri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Kırmızı renk tonu (a*) ölçümlerine ait değerler.

Faktör (ABCD) / Ağaç Türü (A)			Iroko		Dişbudak	
Isıl işlem (B)	Vernik çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (Ss)	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	17,24	0,65	10,29	0,78
		144 saat	17,42	0,54	10,09	0,41
		288 saat	19,09	1,51	10,58	0,55
		432 saat	20,80	1,99	10,59	0,41
		576 saat	18,73	0,82	10,28	0,44
	SÇ	Kontrol	15,84	0,44	10,68	0,49
		144 saat	16,79	0,80	10,20	0,60
		288 saat	18,63	1,47	11,95	1,90
		432 saat	19,28	0,69	10,31	0,46
		576 saat	19,26	0,77	12,63	0,78
	AK	Kontrol	19,28	1,22	10,29	0,67
		144 saat	28,77*	1,94	12,81	1,39
		288 saat	23,56	2,63	12,54	1,06
		432 saat	27,99	1,02	15,14	1,16
		576 saat	28,01	2,53	15,66	0,43
	PU	Kontrol	19,94	1,91	13,20	1,78
		144 saat	24,44	0,79	17,88	0,88
		288 saat	25,43	0,76	17,97	0,64
		432 saat	24,07	1,46	18,34	1,62
		576 saat	23,17	1,67	23,27	1,47
190°C – 1,5 saat	ST	Kontrol	19,44	0,70	19,44	0,70
		144 saat	17,38	0,59	19,44	0,70
		288 saat	19,47	0,46	19,47	0,46
		432 saat	20,94	1,19	20,94	1,19
		576 saat	21,89	0,86	13,85	0,82
	SÇ	Kontrol	17,26	0,63	17,26	0,63
		144 saat	20,75	1,13	15,43	0,68
		288 saat	22,60	0,70	15,49	0,68
		432 saat	21,39	0,73	15,85	0,57
		576 saat	20,96	1,83	15,51	0,63
	AK	Kontrol	24,52	1,38	24,52	1,38
		144 saat	25,58	1,44	20,54	1,57
		288 saat	14,49	2,22	22,26	0,87
		432 saat	17,57	4,66	17,54	3,80
		576 saat	11,31	8,67	14,01	6,73
	PU	Kontrol	20,31	1,74	20,26	2,18
		144 saat	19,00	1,45	25,42*	2,56
		288 saat	16,14	1,99	15,07	2,69
		432 saat	18,88	2,67	22,99	1,37
		576 saat	13,53	2,09	19,21	3,06
212°C – 2 saat	ST	Kontrol	19,51	1,06	11,51	1,26
		144 saat	16,97	1,00	11,51	1,26
		288 saat	19,47	0,46	16,82	0,93
		432 saat	20,37	1,44	14,68	2,06
		576 saat	19,79	0,63	14,36	1,38
	SÇ	Kontrol	16,30	0,80	11,83	1,31
		144 saat	19,81	2,16	12,25	1,73
		288 saat	17,38	1,50	15,31	1,35
		432 saat	21,39	0,80	13,94	2,09
		576 saat	23,32	0,42	18,50	0,98
	AK	Kontrol	18,85	1,35	8,03	2,10
		144 saat	13,12	1,34	8,36	1,66
		288 saat	11,94	1,22	8,40	1,64
		432 saat	9,29	1,39	6,93	2,08
		576 saat	7,94	3,62	5,26	4,36
	PU	Kontrol	9,17	1,28	3,31**	0,35
		144 saat	10,65	1,48	4,32	0,69
		288 saat	8,34	1,06	4,21	0,86
		432 saat	9,33	1,32	4,30	0,51
		576 saat	7,38**	0,95	5,52	0,95

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, en yüksek; ** en düşük değeri ifade eder.

Kırmızı renk değerleri, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun kırmızı renk değerleri (a^*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalama	F değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç Türü (A)	6186,91	1	6186,91	1874,12	0,000*
Isıl işlem (B)	8996,17	2	4498,08	1362,55	0,000*
Vernik çeşidi (C)	278,30	3	92,77	28,10	0,000*
Yaşlandırma (D)	182,00	4	45,50	13,78	0,000*
Etkileşim (AB)	3001,04	2	1500,52	454,53	0,000*
Etkileşim (AC)	522,95	3	174,32	52,80	0,000*
Etkileşim (AD)	87,36	4	21,84	6,62	0,000*
Etkileşim (BC)	10722,84	6	1787,14	541,36	0,000*
Etkileşim (BD)	1698,36	8	212,29	64,31	0,000*
Etkileşim (CD)	1565,39	12	130,45	39,52	0,000*
Etkileşim (ABC)	978,06	6	163,01	49,38	0,000*
Etkileşim (ABD)	277,94	8	34,74	10,52	0,000*
Etkileşim (ACD)	849,79	12	70,82	21,45	0,000*
Etkileşim (BCD)	1832,11	24	76,34	23,12	0,000*
Etkileşim (ABCD)	778,52	24	32,44	9,83	0,000*
Hata	3565,33	1080	3,30		
Toplam	358400,71	1200			

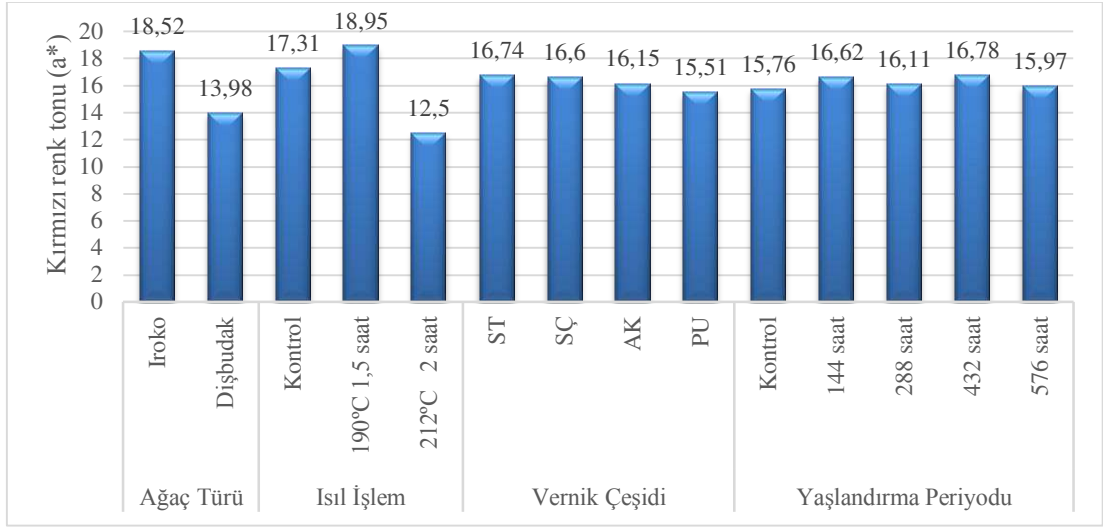
*: Anlamlı ($\alpha \leq 0,05$ 'e göre), **: Önemsiz

Varyans analiz sonucuna göre, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimlerin tümü anlamlı çıkmıştır ($\alpha=0,05$ 'e göre). Çizelge 3.6’da varyans analiz sonuç çizelgesinde %95 güven düzeyinde anlamlı çıkan faktörler ve faktörlerin karşılıklı etkileşimlerine ait homojenlik gruplarını gösteren Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.7’de, buna ait grafik Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Kırmızı renk değeri (a^*) ölçümlerine ait ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG
Ağaç Türü	Iroko	18,52	A*
	Dişbudak	13,98	B
Isıl İşlem	Kontrol	17,31	B
	190°C- 1,5 saat	18,95	A*
	212°C- 2 saat	12,50	C
Vernik Çeşidi	ST	16,74	A*
	SÇ	16,60	A*
	AK	16,15	B
	PU	15,51	C
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	15,76	C
	144 saat	16,62	A*
	288 saat	16,11	B
	432 saat	16,78	A*
	576 saat	15,97	BC

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a^*) ifade etmektedir



Şekil 3.1. Ağaç türü, ısı işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait ortalama kırmızı renk değerlerinin (a*) karşılaştırılması.

Çizelge 3.7'ye göre ağaç türü düzeyinde kırmızı renk (a*) değeri en yüksek irokoda (18,52) en düşük değer dişbudakta (13,98) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.7). Literatürdeki, ısı işlemsiz örnekler üzerine uygulanan tek ve çift bileşenli su bazlı verniklerden oluşturulan katmanlara ait en yüksek a* değeri (10,39) irokoda elde edildiğini ve iroko örneklerinin hızlandırılmış yaşlandırmada 144 saatte artış ve sonrasında 288 saatte kırmızı renk değerinde bir miktar azalma meydana geldiğini bildirmiştir [14].

Isıl işlem faktörü düzeyinde, a* değeri en yüksek 190°C'de 1,5 saat ısı işlem gören örneklerde (18,95), en düşük 212°C'de 2 saat ısı işlem gören örneklerde (12,50) olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlem sürecinde sıcaklık ve zamanın uzamasına bağlı olarak a* değerindeki azalışın Şekil 1.23'de gösterildiği gibi odun ana bileşenlerinin kimyasal yapısındaki meydana gelen değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde, odunun ısı işlem ile renginin koyulaştığı aynı zamanda renk parlaklık değerinin azalmasıyla a* ve b* değerlerinin değiştiği termal bozunma, sonucu olarak 110°C ve üzerindeki sıcaklık sınırından itibaren bozunmaya başladığı ve 220°C'nin üzerinde yapısal kalıcı hasarların olduğu bildirilmiştir [74], [86], [102]. Odun bileşenlerinin tam olarak dönüşmesi ve gaz fazındaki degradasyonu ürünlerinin açığa çıkması gibi oluşumların meydana gelebildiği bildirilmektedir. Ayrıca sıcaklığın ağaç malzemenin pH değerini azaltarak daha asidik bir yapıya sahip olmasına sebep olduğu ve bu durumun ahşap malzemenin kırmızı renk (a*) değerini artırıcı etki yaptığı bildirilmiştir [74].

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde, en yüksek a* değeri ST vernik uygulanmış örneklerde (16,74) elde edilirken, en düşük değerler PU vernik uygulanmış örnekler de (15,51) elde

edilmiştir (Çizelge 3.7). PU ve AK vernikleri arasında Duncan testi sonuçlarına göre homojenlik grupları arasında farklılık bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.7). Literatürde, sarıçam, meşe, kayın odunlarını kullanarak yaptığı çalışmada ST (9,34) ve SÇ (9,31) verniklerin aynı homojenlik grubunda yer aldığını ve a^* değeri üzerinde değiştirici bir etkiye sahip olmadığı bildirilmiştir [74]. Başka bir çalışmada, su bazlı tek ve çift bileşenli verniğin a^* değeri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bunun nedeninin ise her iki vernik çeşidinin şeffaf alifatik poliüretan bir reçine özelliğine sahip olmasından dolayı katman rengini etkilemediği bildirilmiştir [141]. ST ve SÇ vernik katmanlarına ait kırmızı renk (a^*) değerleri üzerine vernik faktörü etkisi sonuçları literatür ile paralellik arz etmektedir. AK verniğin kırmızı renk değerinde ST ve SÇ verniklere çok yakın değer elde edilesine rağmen farklı homojenlik grubunda yer aldığı ortaya çıkmıştır. Literatürde, AK verniklerinde şeffaf (transparent) ve renksiz katmanlar vermesi ve ilerleyen zamanda sararma olmadığından dolayı tercih edildiği bildirilmiştir [56].

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde incelendiğinde en yüksek a^* değeri 432 saatlik hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (16,78), en düşük değer ise UV yaşlandırmaya maruz kalmayan kontrol örneklerinde (15,76) tespit edilmiştir (Çizelge 3.7).

144 saat ve 432 saat yaşlandırılan örnekler için ortalama a^* değerlerinin istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde homojenlik grupları arasında fark olmadığı, 288 saat ve 576 saat UV yaşlandırmaya maruz kalan örnekler arasında %95 güven düzeyinde oluşturulan homojenlik grupları arasında farklılık bulunmuştur. UV yaşlandırmaya bağlı olarak 144 saatte bir miktar artış sonrasında 288 saatte bir miktar azalma ve 432 saatte 144 saatteki değere tekrar yükselmekte ve 576 saat yaşlandırma ile kontrol örneğinin kısmen üzerinde bir a^* değeri elde edilmiştir (Çizelge 3.7). Dolayısıyla UVB-313 EL tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırma gören deney örnekleri kontrol örneklerine göre ilk 144 saatlik yaşlandırma ile yükselmiş ve 288 saatte kısmen azalmış ve 432 saatlik de tepe değere ulaşırken 576 saatte kontrol örneği değerlerinin kısmen üzerinde kalmıştır. Literatürde, uzun süren UVA-340 nm lamba ışınları ile yaşlandırma yapıldığında vernik katmanında yaptığı renk değiştirici etkiden dolayı kırmızı renk değerini değiştirdiği bildirilmiştir [74]. [134]'e göre UV ışınlarının ağaç malzeme üzerinde renk değiştirici bir etki yapmaktadır. [37]'nin yaptığı çalışmada xenon arc lambası ile yaşlandırma sürecinin, kırmızı renk (a^*) tonu değerlerine olan etkisi, en az kontrol örneğinde olup; bunu sırasıyla 288 saat ve 144

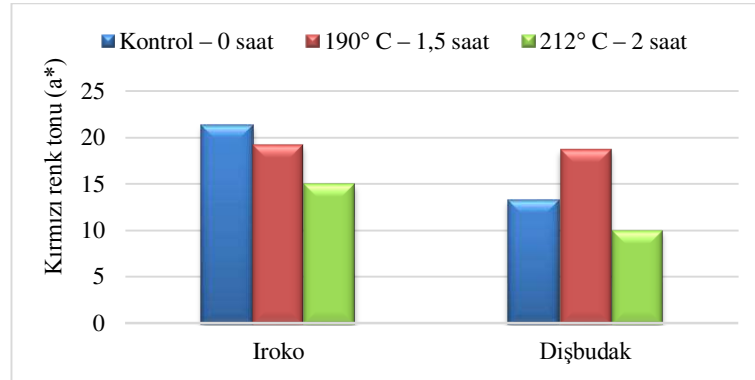
saatlik hızlandırılmış yaşlandırma periyodu izlediğini ve yaşlandırma sürecinin kırmızı renk değerini artırdığını bildirilmiştir [86]’ya göre yabani kiraz odunundan hazırlanan ve verniklenmeden UVB-313 El tipi lamba ile uygulanan hızlandırılmış yaşlandırma süresi boyunca kırmızı renk (a^*) değeri azalma yönünde eğilim gösterdiği, ekstrem değerlere 864 saatlik yaşlandırma sonucunda ulaşıldığını bildirilmiştir. Başka bir araştırmaya göre sıcak soğuk yaşlandırmasına maruz kalan örneklerin kontrol örneklerine göre a^* değerlerinin arttığı bildirilmiştir [141].

Ağaç türü - ısıt işlem faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.8’de, buna ait grafik Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Ağaç türü - ısıt işlem ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AB	Kontrol		190° C – 1,5 saat		212° C – 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	21,38	A*	19,17	B	15,01	D
Dişbudak	13,23	E	18,73	C	9,98	F

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a^*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, B: Isıt işlem



Şekil 3.2. Ağaç türü - ısıt işlem ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.

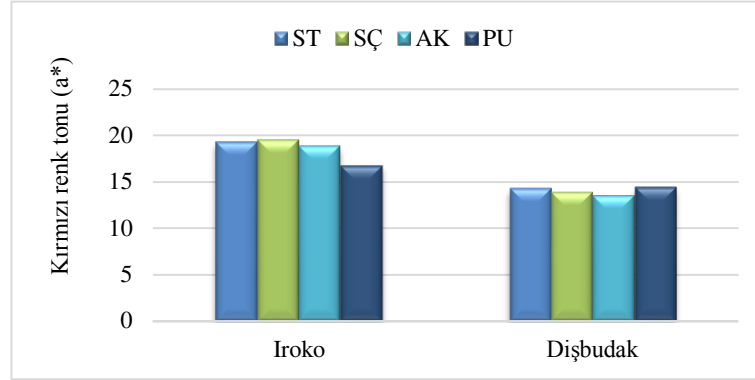
Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimi düzeyinde a^* değeri, en yüksek ısıt işlem uygulanmamış olan iroko kontrol örneğinde (21,38), en düşük ise 212°C’de 2 saat ısıt işleme tabi tutulmuş olan dişbudak örneklerinde (9,98) elde edilmiştir (Çizelge 3.8).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.9’da, buna ait grafik Şekil 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Ağaç türü - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	19,22	BA	19,40	A*	18,81	B	16,65	C
Dişbudak	14,26	D	13,81	E	13,49	E	14,36	D

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a^*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.3. Ağaç türü - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.

Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde a^* değeri en yüksek, iroko üzerine SÇ vernik uygulamasında (19,4), en düşük değer ise dişbudak üzerine AK vernik uygulamasında (13,49) elde edilmiştir (Çizelge 3.9).

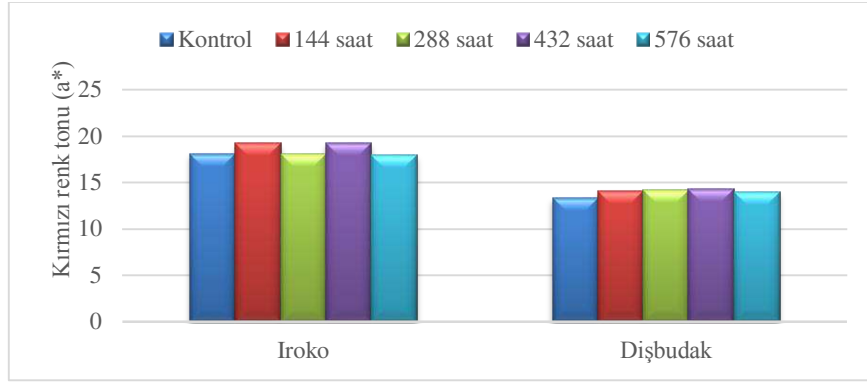
Ayrıca ağaç türleri kendi içlerinde incelenecek olursa iroko için; en yüksek SÇ vernik uygulanan örnekte, en düşük PU vernik uygulanan deney örneklerinde elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek a^* değeri, PU vernikli örnekte, en düşük AK vernik uygulanmış deney örneklerinde elde edilmiştir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.10'da, bunlara ait grafik Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	18,14	B	19,21	A*	18,04	B	19,27	A*	17,94	B
Dişbudak	13,39	D	14,04	C	14,17	C	14,30	C	14,01	C

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a^*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.4. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) karşılaştırılması.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek, irokonun 432 saat yaşlanmasında (19,27), en düşük değer dişbudak kontrol örneklerinde (13,39) elde edilmiştir (Çizelge 3.10).

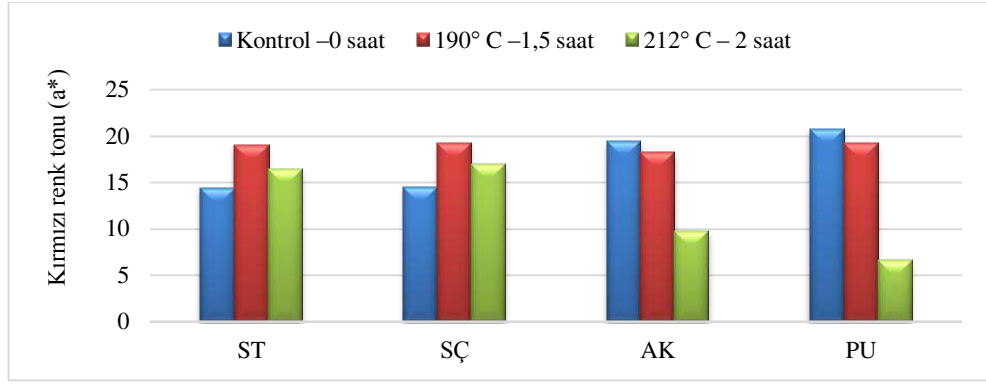
Ağaç türleri kendi içlerinde değerlendirilecek olursa iroko için; en yüksek 432 saat hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, en düşük ise 576 saat yaşlandırılmış örneklerde elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek 432 saat yaşlandırılmış örnekte en düşük, kontrol örneklerinde elde edilmiştir. Irokoda kontrol örneği ile 576 saat yaşlandırılmış deney örnekleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Dişbudak için ise 144 saat yaşlandırmadan sonra elde edilen değerler 576 saat sonunda ölçülen değerler istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dişbudakta ilk 144 saatlik yaşlandırmanın a* değeri üzerinde bir değişiklik meydana getirmediği belirlenmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.11’de, buna ait grafik Şekil 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. Isıl işlem - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	14,49	E	14,56	E	19,40	B	20,77	A*
190° C –1,5 saat	19,23	B	18,25	C	19,24	B	19,08	B
212° C – 2 saat	16,50	D	17,00	D	9,81	F	6,67	G

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a*) ifade etmektedir. B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.5. Isıl işlem - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) karşılaştırılması.

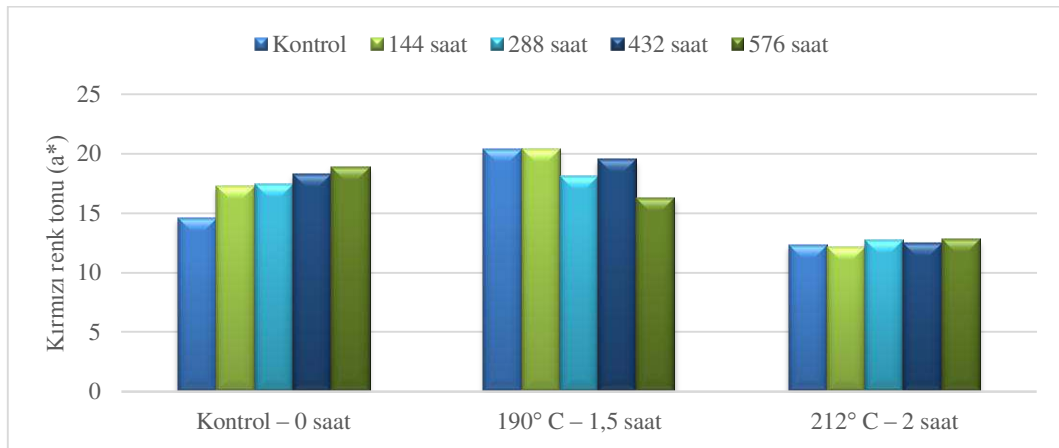
Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde a* değeri en yüksek yüzeylerine PU vernik uygulanan ısıt işlem görmemiş kontrol örneğinde (20,77), en düşük ise 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören PU vernikli örneklerde (6,67) elde edilmiştir (Çizelge 3.11).

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.12’de, bunlara ait grafik Şekil 3.6’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12. Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	14,60	G	17,28	E	17,47	E	18,31	DC	18,88	C
190° C – 1,5 saat	20,38	A*	20,44	A*	18,12	D	19,51	B	16,28	F
212° C – 2 saat	12,31	H	12,14	H	12,73	H	12,53	H	12,76	H

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a*) ifade etmektedir. **B**: Isıl İşlem, **D**: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.6. Isıl işlem - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) karşılaştırılması.

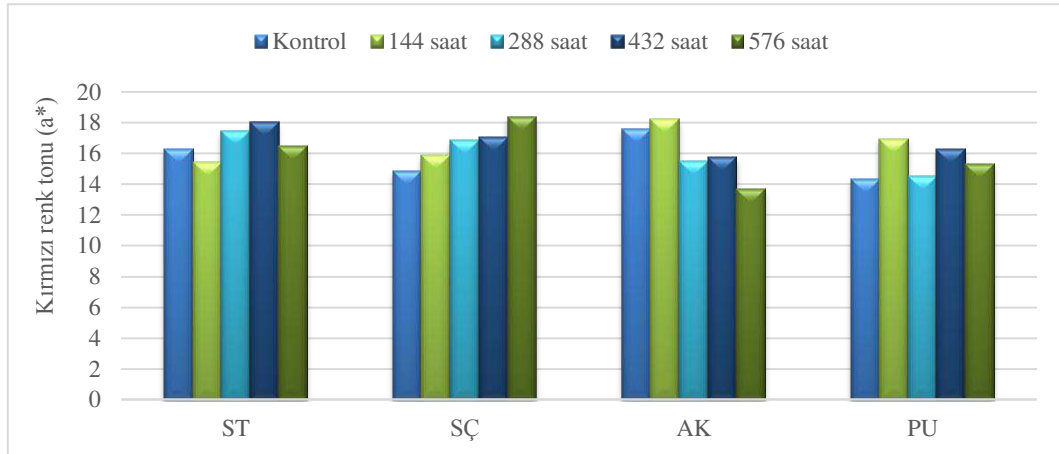
Isıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek 190°C’de 1,5 saat ısıtım işlem gören örneklerin 144 saat yaşlandırılmış örneğinde, en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıtım işlem gören ve 144 saat yaşlandırılmış örnekte elde edilmiştir. Ayrıca 190°C 1,5 saat ısıtım işlem gören kontrol örnekleri ile 144 saat yaşlandırılan örneklerle ait a^* değerleri istatistiksel olarak benzerdir. 212°C’de 2 saat ısıtım işlem gören 0-576 saat yaşlandırılan örnekler arasında %95 güven düzeyinde aralarındaki fark önemsiz çıkmıştır. Dolayısıyla 212°C’de ısıtım işlem gören örneklerin UV yaşlandırma süresi a^* değerleri bakımından benzerdir (Çizelge 3.11).

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.13’de, bunlara ait grafik Şekil 3.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. Vernik çeşidi - yaşlandırma faktörü ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	16,24	HGF	15,44	JI	17,48	DC	18,05	CBA	16,46	GFE
SÇ	14,86	KJ	15,87	IHG	16,89	FED	17,03	ED	18,36	A*
AK	17,58	DCB	18,20	BA	15,53	JI	15,74	IH	13,70	L
PU	14,36	K	16,98	ED	14,53	K	16,32	HGFE	15,35	JI

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a^*) ifade etmektedir. C: Vernik Çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.7. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.

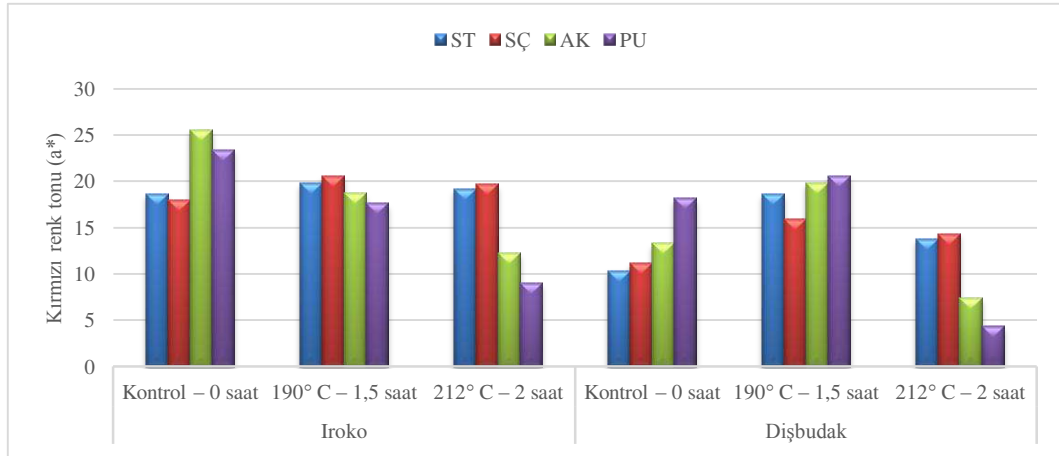
Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek yüzeylerine SÇ vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılan örneklerde (18,36), en düşük değer ise yüzeylerine AK vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılan örneklerde (13,70) elde edilmiştir (Çizelge 3.13).

Ağaç türü - vernik çeşidi - ısıl işlem faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.14’de, bunlara ait grafik Şekil 3.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.14. Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC		ST		SÇ		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	18,62	FE	17,96	GF	25,52	A*	23,41	B
	190° C – 1,5 saat	19,82	D	20,59	C	18,69	FE	17,57	G
	212° C – 2 saat	19,22	ED	19,64	D	12,23	K	8,97	N
Dişbudak	Kontrol	10,36	M	11,15	L	13,29	J	18,13	GF
	190° C – 1,5 saat	18,63	FE	15,91	H	19,78	D	20,59	C
	212° C – 2 saat	13,78	JI	14,37	I	7,40	O	4,37	P

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a*) ifade etmektedir. A: Ağaç Türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.8. Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) karşılaştırılması.

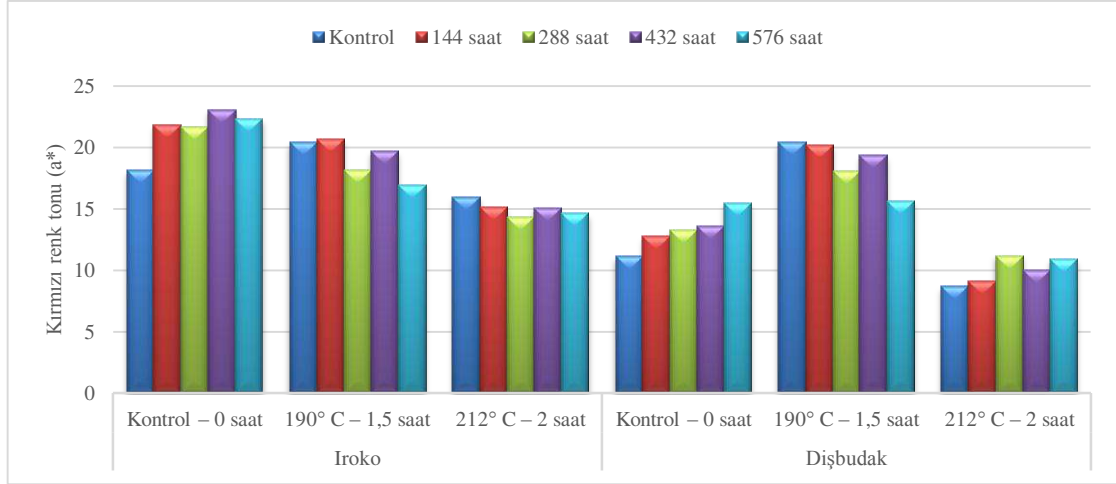
Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi faktörü etkileşimi düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek iroko için yüzeylerine AK vernik uygulanan kontrol örneklerinde (25,52), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıl işlem görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanmış örneklerde (8,97) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer 190°C’de 1,5 saat ısıl işlem görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanmış örneklerde (20,59), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıl işlem görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanan örneklerde (4,37) elde edilmiştir. Dolayısıyla ABC üçlü etkileşim sonucunda en yüksek AK vernik uygulanmış iroko kontrol örneğinde, en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıl işlem görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanan dişbudak örneklerinde elde edilmiştir (Çizelge 3.14).

Ağaç türü - ısıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.15’de, bunlara ait grafik Şekil 3.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.15. Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	18,08	F	21,81	B	21,67	B	23,03	A*	22,29	BA
	190°C-1,5 saat	20,39	DC	20,68	C	18,17	F	19,70	ED	16,92	G
	212°C- 2 saat	15,96	H	15,14	JIH	14,28	KJ	15,09	JIH	14,61	JI
Dişbudak	Kontrol	11,12	N	12,74	M	13,26	ML	13,59	LK	15,46	IH
	190°C-1,5 saat	20,37	DC	20,21	DC	18,07	F	19,33	E	15,65	H
	212°C-2 saat	8,67	P	9,15	P	11,19	N	9,96	O	10,91	N

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.9. Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) karşılaştırılması.

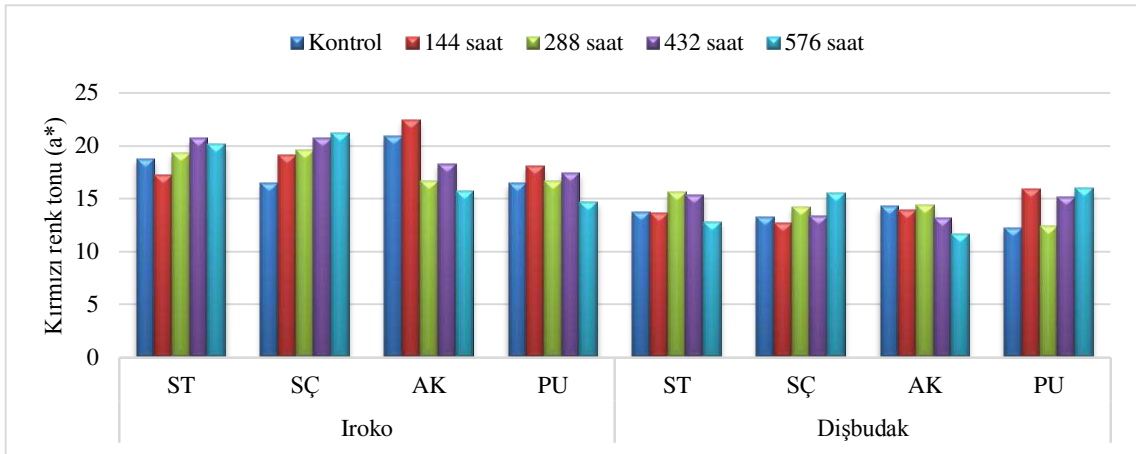
Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktörü etkileşimi düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek; iroko için kontrol örneklerine ait 432 saat yaşlandırmada (23,03), en düşük değer ise 212°C'de 2 saat ısıt işlem gören ve 288 saat yaşlandırılmış örneklerde (14,28) elde edilmiştir. Dişbudak deney örnekleri için en yüksek değer 190°C'de 1,5 saat ısıt işlem gören ve yaşlandırmaya tabi tutulmamış kontrol örneklerinde (20,37), en düşük değer ise 212°C'de 2 saat ısıt işlem görmüş ve yaşlandırmaya tabi tutulmamış kontrol örneklerinde (8,67) elde edilmiştir (Çizelge 3.15).

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.16'da, bunlara ait grafik Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.16. Ağaç türü - Vernik Çeşidi -Yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	18,73	GFE	17,20	JI	19,34	ED	20,70	CB	20,14	DC
	SÇ	16,47	LKJ	19,12	FE	19,54	ED	20,69	CB	21,18	B
	AK	20,88	CB	22,49	A*	16,66	KJ	18,28	HGF	15,75	MLK
	PU	16,47	LKJ	18,03	IHG	16,64	KJ	17,42	JIH	14,69	Q-N
Dişbudak	ST	13,75	U-Q	13,68	U-Q	15,62	N-K	15,40	O-L	12,83	V-U
	SÇ	13,26	V-T	12,63	Y-W	14,25	S-P	13,37	W-R	15,55	N-L
	AK	14,28	T-P	13,91	S-Q	14,40	R-O	13,20	S-V	11,65	Y
	PU	12,26	Y-W	15,93	M-K	12,42	Y-W	15,21	P-M	16,00	M-K

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a^*) ifade etmektedir. **A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.10. Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.

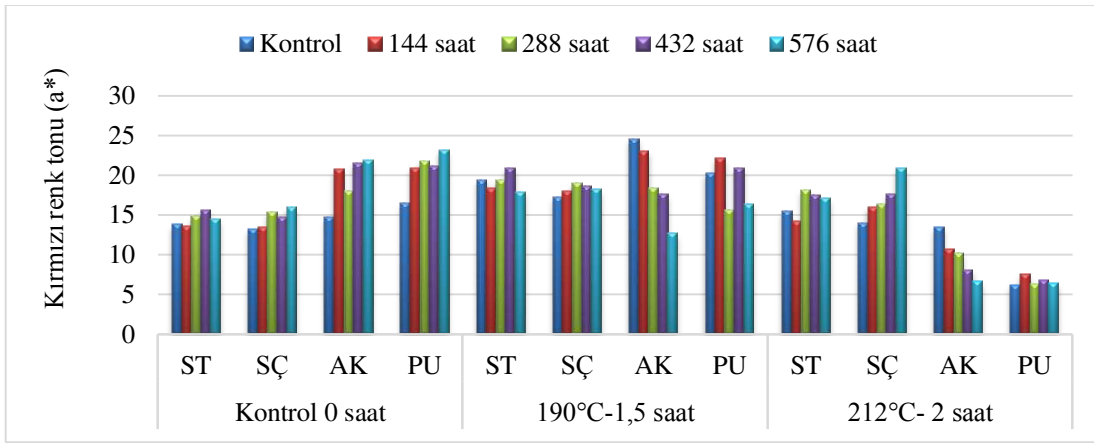
Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü etkileşimi düzeyinde a^* değeri; iroko için en yüksek yüzeylerine AK vernik uygulanmış ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (22,49), en düşük ise PU vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (14,69) elde edilmiştir. Dişbudak için; en yüksek a^* değeri yüzeylerine PU vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (16,00), en düşük ise yüzeylerine AK vernik uygulandıktan sonra 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (11,65) elde edilmiştir (Çizelge 3.16).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.17’de, bunlara ait grafik Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.17. Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	13,77	S-V	13,66	S-V	14,83	P-S	15,69	O-Q	14,51	Q-W
	SÇ	13,26	VW	13,50	V-U	15,29	T-O	14,79	U-P	15,94	P-N
	AK	14,78	U-P	20,79	FD	18,05	J-H	21,56	C-F	21,84	DC
	PU	16,57	O-K	21,00	C-F	21,81	DC	21,20	C-F	23,22	B
190°C – 1,5 saat	ST	19,44	HG	18,41	H-K	19,47	HG	20,94	C-F	17,87	H-J
	SÇ	17,26	J-M	18,09	H-J	19,05	HI	18,62	H-J	18,23	H-J
	AK	24,52	A*	23,06	B	18,38	H-K	17,56	I-L	12,66	V
	PU	20,28	GF	22,21	CB	15,60	Q-O	20,94	C-F	16,37	K-O
212°C- 2 saat	ST	15,51	O-R	14,24	R-W	18,14	H-J	17,52	I-L	17,08	J-N
	SÇ	14,06	T-W	16,03	M-P	16,34	L-O	17,67	I-K	20,91	C-F
	AK	13,44	VW	10,74	Y	10,17	Y	8,11	X	6,60	aZ
	PU	6,24	a	7,57	ZX	6,28	a	6,81	aZ	6,45	aZ

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek kırmızı renk değerini (a*) ifade etmektedir. B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.11. Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) karşılaştırılması.

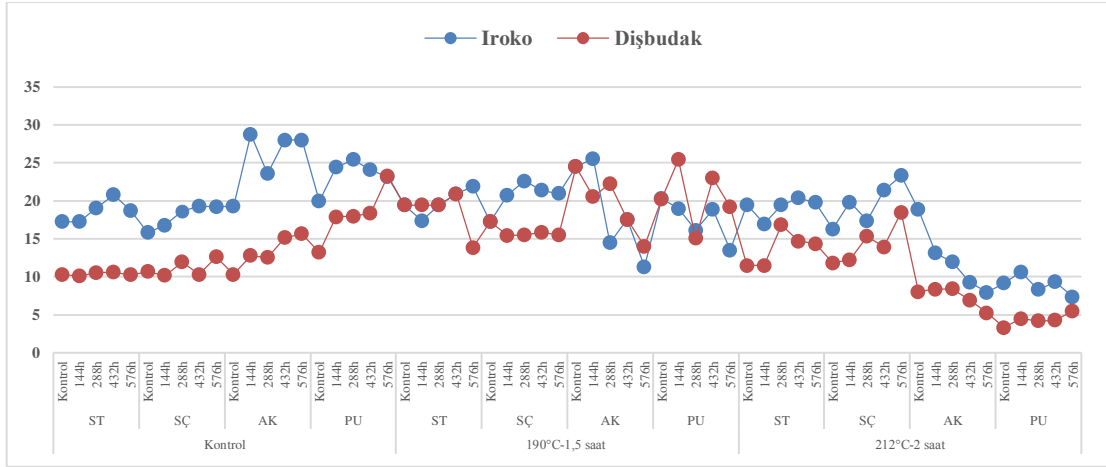
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü (BCD) etkileşimi düzeyinde a* değeri için en yüksek, 190°C’de 1,5 saat ısıtılmış ve yüzeylerine AK vernik uygulandıktan sonra yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (24,52), en düşük a* değer ise 212°C’de 2 saat ısıtılmış ve yüzeylerine PU vernik uygulandıktan sonra yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (6,24) elde edilmiştir (Çizelge 3.17).

Ağaç türü - ısıtılmış işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan dördümlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.18’de, bunlara ait grafik Şekil 3.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.18. Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a*) Duncan testi sonuçları.

Kaynak (ABCD) / Ağaç Türü			İroko		Dişbudak	
Isıl işlem	Vernik Çeşidi	Yaşlandırma Periyodu	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	Kontrol	17,24	U-a	10,29	qp
		144 saat	17,29	U-b	10,09	r-p
		288 saat	19,09	L-U	10,58	q-o
		432 saat	20,80	H-M	10,59	q-o
		576 saat	18,73	N-V	10,28	qp
	SÇ	Kontrol	15,84	X-d	10,68	q-n
		144 saat	16,79	V-b	10,20	r-p
		288 saat	18,63	N-V	11,95	p-l
		432 saat	19,28	L-S	10,31	qp
		576 saat	19,26	L-S	12,63	m-i
	AK	Kontrol	19,28	L-S	10,29	qp
		144 saat	28,77	A*	12,81	m-h
		288 saat	23,56	C-F	12,54	n-j
		432 saat	27,99	A	15,14	f-b
		576 saat	28,01	A	15,66	d-X
	PU	Kontrol	19,94	K-Q	13,2	m-g
		144 saat	24,44	B-D	17,88	Y-R
		288 saat	25,43	B	17,97	Y-Q
		432 saat	24,07	B-E	18,34	V-P
		576 saat	23,17	C-G	23,27	F-C
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	19,44	K-T	19,44	T-K
		144 saat	17,38	S-Z	19,44	T-K
		288 saat	19,47	N-T	19,47	T-K
		432 saat	20,94	H-L	20,94	L-H
		576 saat	21,89	F-J	13,85	k-e
	SÇ	Kontrol	17,26	U-a	17,26	a-U
		144 saat	20,75	H-M	15,43	f-Z
		288 saat	22,6	D-H	15,49	e-Z
		432 saat	21,39	G-K	15,85	d-X
		576 saat	20,96	H-L	15,51	e-Z
	AK	Kontrol	24,52	CB	24,52	CB
		144 saat	25,58	B	20,54	N-I
		288 saat	14,49	i-c	22,26	I-E
		432 saat	17,57	X-T	17,54	X-T
		576 saat	11,31	p-m	14,01	j-d
	PU	Kontrol	20,31	P-J	20,26	P-J
		144 saat	19,00	U-L	25,42	B
		288 saat	16,14	c-Y	15,07	f-b
		432 saat	18,88	W-M	22,99	G-C
		576 saat	13,53	l-f	19,21	U-L
212°C-2 saat	ST	Kontrol	19,51	T-K	11,51	p-m
		144 saat	16,97	b-W	11,51	p-m
		288 saat	19,47	T-K	16,82	b-V
		432 saat	20,37	O-I	14,68	h-c
		576 saat	19,79	R-K	14,36	j-c
	SÇ	Kontrol	16,30	c-Y	11,83	p-l
		144 saat	19,81	R-K	12,25	o-k
		288 saat	17,38	Z-S	15,31	f-a
		432 saat	21,39	K-G	13,94	j-d
		576 saat	23,32	F-C	18,50	V-O
	AK	Kontrol	18,85	W-M	8,03	u-s
		144 saat	13,12	m-h	8,36	us
		288 saat	11,94	p-l	8,40	u-r
		432 saat	9,29	s-q	6,93	wu
		576 saat	7,94	u-s	5,26	Vw
	PU	Kontrol	9,17	t-q	3,31	X
		144 saat	10,65	q-n	4,49	Xv
		288 saat	8,34	u-r	4,21	Xv
		432 saat	9,33	s-q	4,30	Xv
		576 saat	7,38	ut	5,52	Vw

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma, A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma ve ısıt işlem uygulanmamıştır.



Şekil 3.12. Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait kırmızı renk değerinin (a^*) karşılaştırılması.

ABCD dörtlü etkileşim sonucuna göre a^* değeri en yüksek değer, ısıt işlem uygulanmamış iroko kontrol örneklerine uygulanan AK vernikli yüzeyin 144 saat yaşlandırılmış örneklerinde (28,77), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören dişbudak odununa PU vernik uygulandıktan sonra yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (3,31) elde edilmiştir (Çizelge 3.18).

3.3.2. Sarı Renk Tonu (b^*) Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıt işlem gören iroko ve dişbudak deney malzemeleri, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra 0 -576 saat süreyle UVB-313 tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Daha sonra deney örnekleri yüzeylerinden ölçülerek elde edilen ortalama b^* değerleri ve bu değerlere ait standart sapma değerleri Çizelge 3.19’da verilmiştir.

Çizelge 3.19. Sarı renk tonu (b*) ölçümlerine ait değerler.

Faktör (ABCD) / Ağaç Türü			Iroko		Dişbudak	
Isıl işlem	Vernik Çeşidi	Yaşlandırma Periyodu	Ortalama (X̄)	Standart Sapma (Ss)	Ortalama (X̄)	Standart Sapma (Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	30,56	1,61	24,41	0,83
		144 saat	30,59	1,39	24,92	0,75
		288 saat	31,61	0,94	28,56	1,29
		432 saat	31,82	0,39	28,96	1,57
		576 saat	31,15	0,35	27,38	1,07
	SÇ	Kontrol	28,96	0,75	23,55	0,68
		144 saat	32,15	1,49	24,77	1,07
		288 saat	33,60	1,27	26,97	2,33
		432 saat	30,76	1,01	25,72	0,67
		576 saat	31,77	1,54	27,55	1,00
	AK	Kontrol	36,75	1,78	24,94	1,08
		144 saat	34,12	0,93	27,11	2,10
		288 saat	38,80**	1,91	29,38	1,72
		432 saat	35,44	0,92	35,15	2,42
		576 saat	31,09	1,86	36,40	0,92
	PU	Kontrol	36,32	3,35	28,18	1,19
		144 saat	34,48	2,83	46,52	1,98
		288 saat	32,01	1,62	47,11	1,33
		432 saat	26,61	1,72	47,70**	2,98
		576 saat	25,51	1,79	33,48	1,70
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	24,99	1,12	24,99	1,12
		144 saat	25,83	0,84	24,99	1,12
		288 saat	28,00	0,94	28,00	0,94
		432 saat	28,76	0,76	28,76	0,76
		576 saat	28,63	0,84	28,14	1,28
	SÇ	Kontrol	29,42	1,10	29,42	1,10
		144 saat	29,46	1,24	30,40	0,35
		288 saat	28,62	1,22	30,36	0,79
		432 saat	29,28	0,78	30,35	0,83
		576 saat	29,91	1,29	29,79	0,54
	AK	Kontrol	27,96	2,03	27,96	2,03
		144 saat	26,84	0,93	31,05	2,98
		288 saat	22,88	0,77	27,64	2,47
		432 saat	18,25	6,62	22,76	5,03
		576 saat	10,47*	11,63	17,96	10,15
	PU	Kontrol	22,83	2,20	25,43	4,24
		144 saat	20,77	1,71	28,32	2,57
		288 saat	17,14	1,88	17,20	2,76
		432 saat	21,42	2,95	25,85	1,50
		576 saat	16,99	1,62	21,22	3,17
212°C- 2 saat	ST	Kontrol	24,13	1,42	15,83	0,92
		144 saat	20,39	1,32	15,87	0,90
		288 saat	28,00	0,94	20,92	1,40
		432 saat	28,95	0,94	17,78	2,00
		576 saat	25,73	1,28	23,23	5,44
	SÇ	Kontrol	20,80	0,83	15,43	1,34
		144 saat	23,55	0,96	16,56	1,22
		288 saat	20,86	1,44	19,53	1,17
		432 saat	27,26	0,67	17,71	1,85
		576 saat	27,49	1,31	21,98	1,02
	AK	Kontrol	24,02	0,42	15,96	2,37
		144 saat	21,44	1,12	15,33	1,53
		288 saat	20,46	1,45	16,21	1,59
		432 saat	12,62	6,38	7,71	5,48
		576 saat	15,67	11,76	5,63	8,05
	PU	Kontrol	10,23	1,02	3,87*	0,58
		144 saat	14,79	3,10	5,24	0,84
		288 saat	10,70	1,77	4,63	1,28
		432 saat	11,78	2,00	4,90	0,73
		576 saat	10,70	1,86	6,09	0,88

X̄: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma, A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, * en düşük değeri; ** en yüksek değeri ifade eder.

Çizelge 3.19'a göre sarı renk değerleri, ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını

belirlemek amacıyla Çoklu Varyans Analizi (ANOVA) sonuçları, Çizelge 3.20’de verilmiştir.

Çizelge 3.20. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun sarı renk değerleri (b*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç Türü (A)	1052,52	1	1052,52	141,23	0,000*
Isıl işlem (B)	44406,71	2	22203,35	2979,40	0,000*
Vernik çeşidi (C)	3951,09	3	1317,03	176,73	0,000*
Yaşlandırma (D)	622,58	4	155,64	20,89	0,000*
Etkileşim(AB)	3723,44	2	1861,72	249,82	0,000*
Etkileşim(AC)	1769,23	3	589,74	79,14	0,000*
Etkileşim(AD)	692,17	4	173,04	23,22	0,000*
Etkileşim(BC)	15532,57	6	2588,76	347,38	0,000*
Etkileşim(BD)	1360,19	8	170,02	22,82	0,000*
Etkileşim(CD)	4064,25	12	338,69	45,45	0,000*
Etkileşim(ABC)	2586,24	6	431,04	57,84	0,000*
Etkileşim(ABD)	945,57	8	118,20	15,86	0,000*
Etkileşim(ACD)	791,19	12	65,93	8,85	0,000*
Etkileşim(BCD)	3605,95	24	150,25	20,16	0,000*
Etkileşim(ABCD)	1957,56	24	81,57	10,95	0,000*
Hata	8048,48	1080	7,45		
Toplam	821214,75	1200			

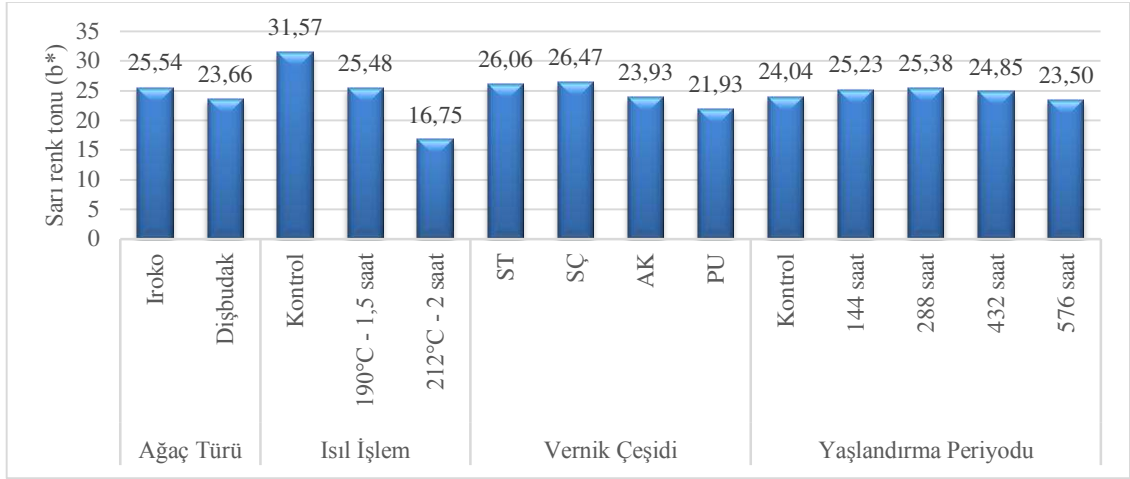
*: Anlamlı ($\alpha \leq 0,05$ ’e göre), **: Önemsiz

Varyans analiz sonucuna göre, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ve bu faktörlerin karşılıklı ikili, üçlü ve dördü tüm etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$) (Çizelge 3.20). Yukarıdaki varyans analiz sonuç çizelgesinde %95 güven düzeyinde anlamlı çıkan faktörler ve karşılıklı etkileşimlerine ait homojenlik gruplarını gösteren Duncan testi karşılaştırma sonuçları aşağıda yer alan Çizelge 3.21’de, bunlara ait grafik Şekil 3.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.21. Sarı renk değeri (b*) ölçümlerine ait ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG
Ağaç Türü	Iroko	25,54	A*
	Dişbudak	23,66	B
Isıl İşlem	Kontrol	31,57	A*
	190°C - 1,5 saat	25,48	B
	212°C - 2 saat	16,75	C
Vernik Çeşidi	ST	26,06	A*
	SÇ	26,47	A*
	AK	23,93	B
	PU	21,93	C
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	24,04	C
	144 saat	25,23	AB
	288 saat	25,38	A*
	432 saat	24,85	B
	576 saat	23,50	D

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir



Şekil 3.13. Ağaç türü, ısıtıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait sarı renk değeri (b*) karşılaştırılması.

Çizelge 3.21'e göre ağaç türü düzeyinde b* değeri ırokoda (25,54), dişbudakta (23,66) olduğu tespit edilmiştir. Ağaç türü düzeyinde Duncan testi kullanılarak oluşturulan homojenlik gruplarında belirgin farklar oluşmuştur. Literatürde [14]'e göre ısıtıl işlem görmemiş ve xenon arc lambası ile yaşlandırılan ıroko örneklerine ait ortalama sarı renk (b*) değeri (28,79) olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda ıroko örneklerine ait ortalama sarı renk (b*) değeri sonuçları benzerlik göstermektedir.

Isıl işlem faktörü düzeyinde, b* değeri en yüksek, herhangi bir ısıtıl işleme tabi tutulmayan kontrol örneklerinde (31,57), en düşük 212°C'de 2 saat ısıtıl işlem gören örneklerde (16,75) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.21). Literatürde, [74]'ün çalışmasında ThermoWood yöntemi ile yapılan ısıtıl işlemin sıcaklık ve süresinin artması ağaç malzemenin sarı renk (b*) değerlerinin azaldığı bilgisi yer almaktadır. Ladin oduna farklı sıcaklık (100°C, 150°C, 200°C) ve farklı süreler (2, 4, 8, 10 ve 24 saat) de ısıtıl işlem uygulaması sonucu, sarı renk değerinde en fazla azalmanın (%30-45) 24 saat ısıtıl işlem uygulaması sonunda elde edildiği ifade edilmiştir [199]. Literatürde bu sonuçları desteklemektedir [144]. Ancak farklı çalışmalarda, ısıtıl işlemde uygulanan sıcaklık derecesinin artmasıyla birlikte bazı ağaç türlerinde sarı renk değerinde artma olduğunu bildirilmiştir [102], [143], [144]. [86]'ya göre verniksiz olarak ısıtıl işleme tabi tutulan yabani kiraz odununda en büyük b* değeri, 190°C ve 1 saat varyasyonunda (-0,32) iken 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda (6,73) elde edilmiştir. Dolayısıyla ısıtıl işlem yöntemine bağlı olarak sürecin sarı renk (b*) değeri üzerindeki ağaç türüne bağlı değişimle birlikte farklı sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca verniksiz veya vernikli yüzeylerdeki b* değeri değişim miktarını etkilemiş olabilir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde, b* değeri en yüksek yüzeylerine SÇ vernik uygulanmış örneklerde (26,47) elde edilirken, en düşük değerler PU vernik uygulanmış örneklerde (21,93) elde edilmiştir (Çizelge 3.21). Ayrıca SÇ vernik sonuçları ile ST vernik sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Literatürde, [14]'e göre farklı katman kalınlığı uygulamasının; sarı renk (b*) tonu değerleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu bildirilmiştir ($p < 0.001$). [191]'e göre sarıçam odunu için en yüksek b* değerinin 212°C'de 1 saat ısıtma işlemi gören ve çift kat vernik uygulanan örneklerde elde edilirken, en düşük değer 212°C'de 2 saat çift kat UV sistem parke verniği uygulanan örneklerde elde edildiği bildirilmiştir. [14]'de ortaya konan sonuçlar ile örtüşmemesinin sebepleri arasında aynı tür ağaç olmasına karşın ısıtma işlemi faktörü, su bazlı olmasına karşın farklı vernikler ve katman sayısının yanında yaşlandırma kullanılan lambalarının tahrip edici düzeylerinin farklılığından kaynaklanmış olabilir. [200]'ün yaptığı araştırmada, poliyester-üretan kaplama katmanlarında, doğal, UV ve WOM (weather-ometer) yaşlandırmalarını karşılaştırmalı olarak denenmiş; oksidasyon işlemlerinin sebep olduğu yaşlanma sonucu, katmanlarda karbonil gruplarının artarak yüzey kayıpları oluşturduğunu, sarı renk tonunda azalma ve solma görüldüğünü bildirmiştir. Iroko odununa ait AK ve PU verniklerinin yaşlanma etkisiyle b* değerlerinin azalması literatürdeki bu bilgilerle paralellik arz etmektedir.

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde incelendiğinde b* değeri en yüksek 288 saatlik hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (25,38), en düşük değer ise 576 saat yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (23,50) tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak tüm yaşlandırma süresini oluşturan periyodların farklı homojenlik grupları oluşturduğu ortaya çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Dolayısıyla yaşlandırma sürelerine bağlı olarak sarı renk (b*) değerinin farklı miktarlarda değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.21). Literatürde [143]'e göre yaşlandırma etkisiyle sentetik vernik ve PU vernikte sarı renk değerinde artış su bazlı vernikte ise azalma olduğu bildirilmiştir. [14]'e göre iroko örneklerinin kullanıldığı çalışmada, kontrolde yüksek olan sarı renk (b*) tonu değerlerinde, 144 ve 288 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma etkisiyle dengeli ve orantılı azalış grafiği ile birbirine yakın sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. Isıtma işlemli iroko örneklerinde rengin koyulaşmasından dolayı ilk 288 saatte sarı renk değerlerinde çok az olan değişimin istatistiksel olarak önemsiz olduğu ve 432 saat ve 576 saat yaşlandırma ile sarı renk değerinde azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.21).

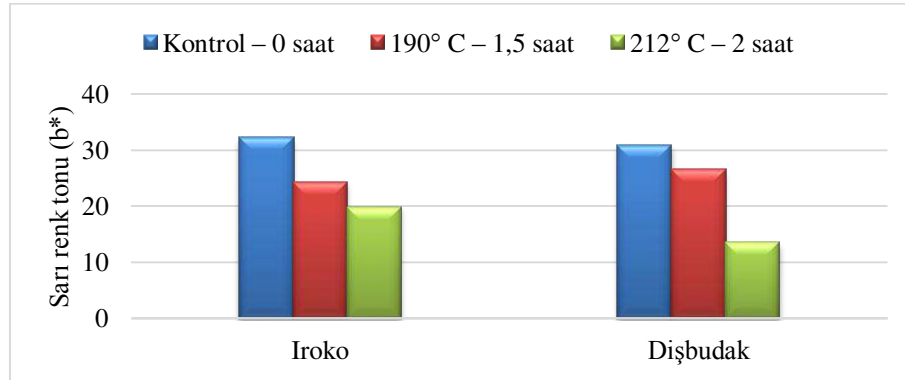
Dişbudak örneklerinde ise en yüksek değer 288 ve 432 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma gören örneklerde, en düşük değer ise kontrol örneğinde elde edilmiştir (Çizelge 3.21). Ayrıca 288 ve 432 saat yaşlandırılan örnekler için Duncan testi sonuçlarında homojenlik grupları arasındaki fark olmadığı tespit edilmiştir. Dişbudak için yaşlandırma sürecinin sarı renk değerini artırdığı söylenebilir. Literatürde [74]'ün yaptığı çalışmada 0-432 saat UV yaşlandırma işleminin b^* değerini arttırıcı etkide bulunduğu, yaşlandırma periyotlarındaki süre değişikliklerinin ise önemsiz olduğu bildirilmektedir. [86]'ya göre yaşlandırma süresi boyunca L^* değerinde artma, a^* ve b^* değerleri azalma yönünde eğilim gösterdiği bildirilmiştir. [148]'ün yaptığı çalışmada, açık havada bırakılan odunun solmasında, ağaç malzemenin önemli bileşenlerinden olan ligninin yapısının bozularak sarı renge dönüşmesinin etkili olduğu bildirilmiştir.

Ağaç türü - ısı işlem faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.22'de, bunlara ait grafik Şekil 3.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.22. Ağaç türü - ısı işlem ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AB	Kontrol		190° C – 1,5 saat		212° C – 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	32,20	A*	24,42	D	19,97	E
Dişbudak	30,93	B	26,52	C	13,51	F

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b^*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, B: Isıl işlem



Şekil 3.14. Ağaç türü - ısı işlem ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısı işlem etkileşimi düzeyinde en yüksek b^* değeri, ısı işlem uygulanmamış olan iroko kontrol örneğinde (32,20), en düşük 212°C'de 2 saat ısı işleme tabi tutulmuş olan dişbudak örneklerinde (13,51) elde edilmiştir (Çizelge 3.22).

Ağaç türleri bakımından incelenirse iroko için; en yüksek b^* değeri ısı işlem uygulanmamış olan kontrol örneğinde (32,20), en düşük ise 212°C'de 2 saat ısı işleme

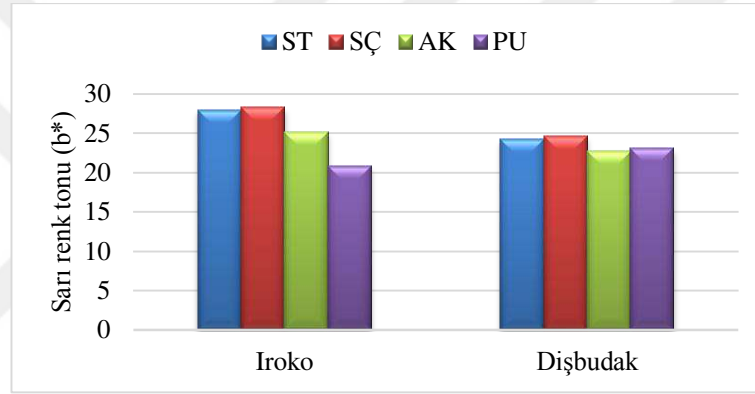
tabi tutulmuş olan örneklerde (13,51) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer kontrol örneğinde (30,93) ve en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıtılma tabi tutulmuş olan örneklerde (13,51) elde edilmiştir (Çizelge 3.22).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.23’de, buna ait grafik Şekil 3.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.23. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	27,94	A*	28,26	A*	25,12	B	20,82	E
Dişbudak	24,18	C	24,67	CB	22,75	D	23,05	D

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.15. Ağaç türü - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) karşılaştırılması.

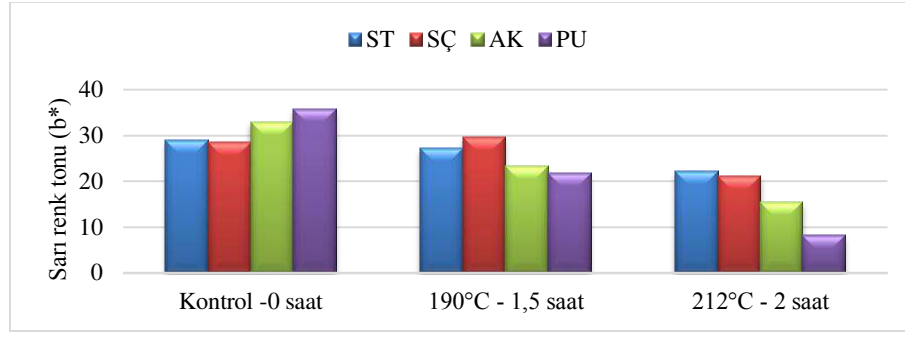
Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde sarı renk değeri (b*) en yüksek SÇ vernik uygulanan ırokoda (28,26), en düşük PU vernik uygulanan ırokoda (20,82) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek sarı renk değeri (b*), SÇ vernikli örneklerde (24,67), en düşük AK vernik uygulanmış deney örneklerinde (22,75) elde edilmiştir (Çizelge 3.23).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.24’de, buna ait grafik Şekil 3.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.24. Isıl işlem-vernik çeşidi ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	28,99	DC	28,58	D	32,92	B	35,79	A*
190°C - 1,5 saat	27,11	E	29,70	C	23,38	F	21,72	HG
212°C - 2 saat	22,08	G	21,12	H	15,50	I	8,29	J

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir. B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi.



Şekil 3.16. Isıl işlem - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) karşılaştırılması.

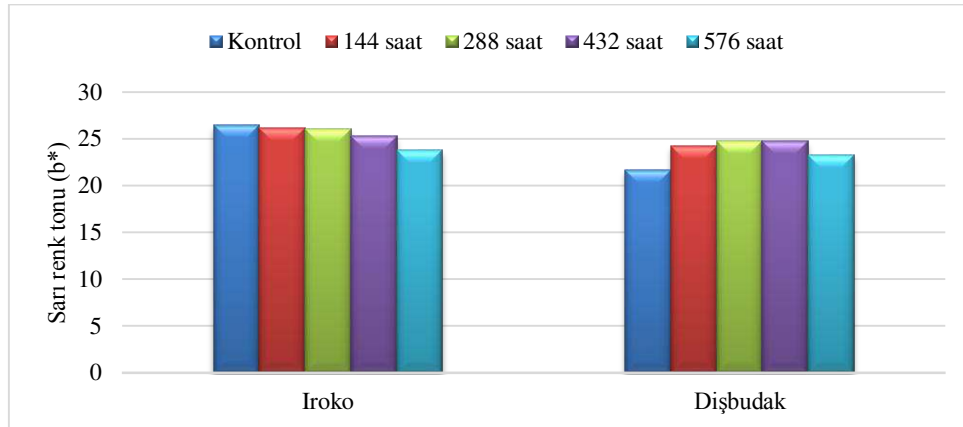
Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde sarı renk değeri en yüksek, yüzeylerine PU vernik uygulanan ısıl işlem görmemiş kontrol örneğinde (35,70), en düşük ise 212°C’de 2 saat ısıl işlem gören PU vernikli örneklerde (8,29) elde edilmiştir (Çizelge 3.24).

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.25’de, bunlara ait grafik Şekil 3.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.25. Ağaç türü-yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	26,41	A*	26,20	A*	26,06	A*	25,25	B	23,76	ED
Dişbudak	21,66	F	24,25	DC	24,71	CB	24,71	CB	23,24	E

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.17. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) karşılaştırılması.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde sarı renk değeri (b*) en yüksek, iroko kontrol örneğinde (26,41), en düşük değer dişbudak kontrol örneğinde (21,66) elde edilmiştir (Çizelge 3.25).

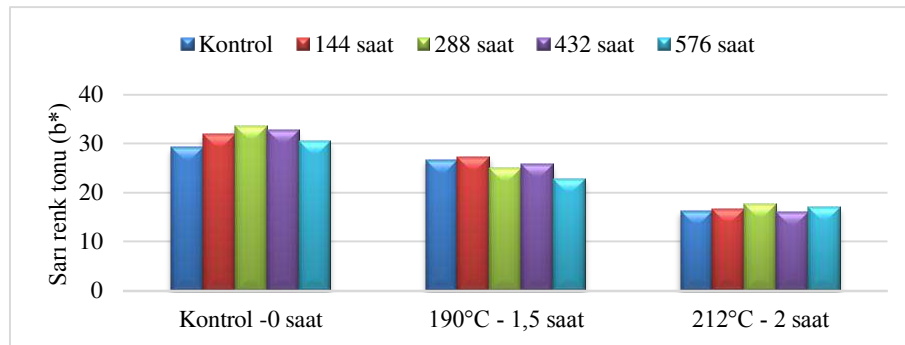
Ağaç türleri kendi içinde ayrıca incelenirse iroko için; en yüksek kontrol örneğinde, en düşük 576 saat hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde elde edilmiştir. Iroko deney örneklerine ait b* değerlerinde 0 - 288 saat arasında elde edilen değerlerin istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde benzer olduğu belirlenmiştir. b* değerindeki azalmanın 288 ile 432 saat arasında başlayarak 576 saate kadar devam ettiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.25). Dişbudak için ise en yüksek, 288 ve 432 saat yaşlandırılmış deney örneklerinde (24,71), en düşük değeri ise kontrol örneklerinde (21,66) elde edilmiştir. Ayrıca dişbudak deney örneklerinde 288 ve 432 saat yaşlandırılma periyodları sonucunda elde edilen değerler arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 3.25).

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.26'da, bunlara ait grafik Şekil 3.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.26. Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü ikili etkileşimine ait sarı renk değeri (b*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	29,21	D	31,83	B	33,51	A*	32,77	A*	30,54	C
190°C - 1,5 saat	26,62	E	27,21	E	24,98	F	25,68	F	22,89	G
212°C - 2 saat	16,28	JI	16,64	JI	17,66	H	16,09	J	17,07	IH

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir. B: Isıl İşlem, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.18. Isıl işlem - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait sarı renk değeri (b*) karşılaştırılması.

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) etkileşimi düzeyinde b* değeri en yüksek kontrol örneklerinin 288 saat hızlandırılmış yaşlandırmaya tabi tutulan örneklerde (33,51), en düşük 212°C'de 2 saat ısıtılmış örneklerin 432 saat yaşlandırılmış örneklerde (16,09) elde edilmiştir. Kontrol ve 212°C'de 2 saat ısıtılmış örneklerde 0 - 288 saat yaşlandırmada b* değerinin arttığı ve 288-576 saatlik yaşlandırma sürecinde b*

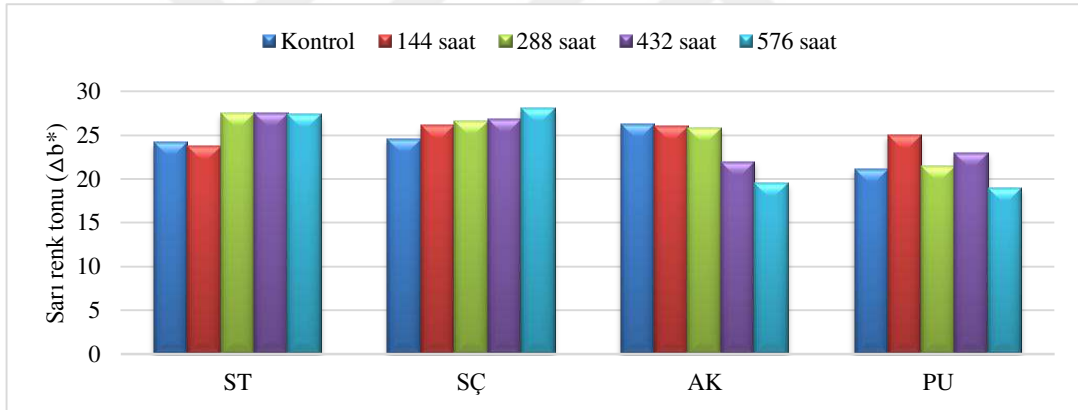
değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca kontrol örneklerine ait en yüksek b* değerlerinin elde edildiği 288 ve 432 saatlik yaşlandırma sonucunda örnekler için b* değerleri arasında istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde farklılık olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3.26).

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.27’de, bunlara ait grafik Şekil 3.19’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.27. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	24,15	FE	23,75	GF	27,52	BA	27,51	BA	27,38	BA
SÇ	24,60	FE	26,15	C	26,66	CB	26,85	CB	28,08	A*
AK	26,26	C	25,98	DC	25,89	DC	21,99	H	19,54	I
PU	21,14	H	25,02	ED	21,47	H	23,04	G	19,00	I

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir. C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.19. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) karşılaştırılması.

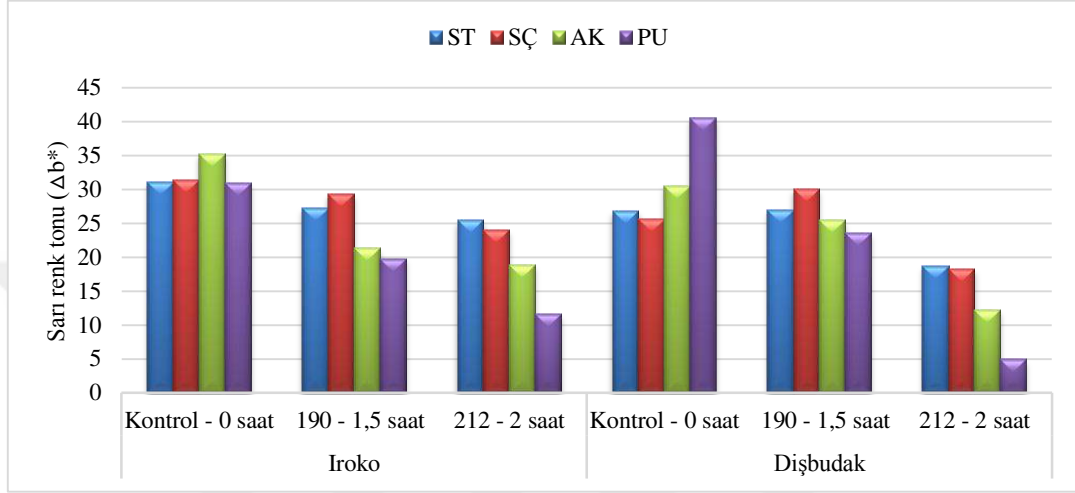
Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde b* değeri en yüksek yüzeylerine SÇ vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılan örneklerde (28,08), en düşük değer ise yüzeylerine PU vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılan örneklerde (19,00) elde edilmiştir (Çizelge 3. 27).

Ağaç türü - vernik çeşidi - ısıtma işlemi faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.28’de, bunlara ait grafik Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.28. Ağaç türü- Isıl işlem-Vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC		ST		SC		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	31,14	DC	31,45	C	35,24	B	30,99	DC
	190°C - 1,5 saat	27,24	F	29,34	E	21,28	I	19,83	J
	212°C - 2 saat	25,44	G	23,99	H	18,84	KJ	11,64	L
Dişbudak	Kontrol	26,85	F	25,71	G	30,60	DC	40,60	A*
	190°C - 1,5 saat	26,98	F	30,06	ED	25,47	G	23,60	H
	212°C - 2 saat	18,72	KJ	18,24	K	12,17	L	4,95	M

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir. A: Ağaç Türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.20. Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait b* değerinin (b*) karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktörü etkileşim düzeyinde b* değeri en yüksek, yüzeylerine PU vernik uygulanan dişbudak kontrol örneklerinde (40,60), en düşük değer ise 212°C'de 2 saat süreyle ısıt işlem gören dişbudak örneklerinde (4,95) elde edilmiştir (Çizelge 3.28). Ağaç türleri kendi içinde incelenirse en yüksek değer, iroko için yüzeylerine AK vernik uygulanan kontrol örneklerinde (35,24), en düşük değer ise 212°C'de 2 saat ısıt işlem görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanmış örneklerde (11,64) elde edilmiştir (Çizelge 3.28). Dişbudak için ise en yüksek, yüzeyine PU vernik uygulanmış kontrol örneklerinde (40,60), en düşük değer ise 212°C'de 2 saat ısıt işlem görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanan örneklerde (4,95) elde edilmiştir.

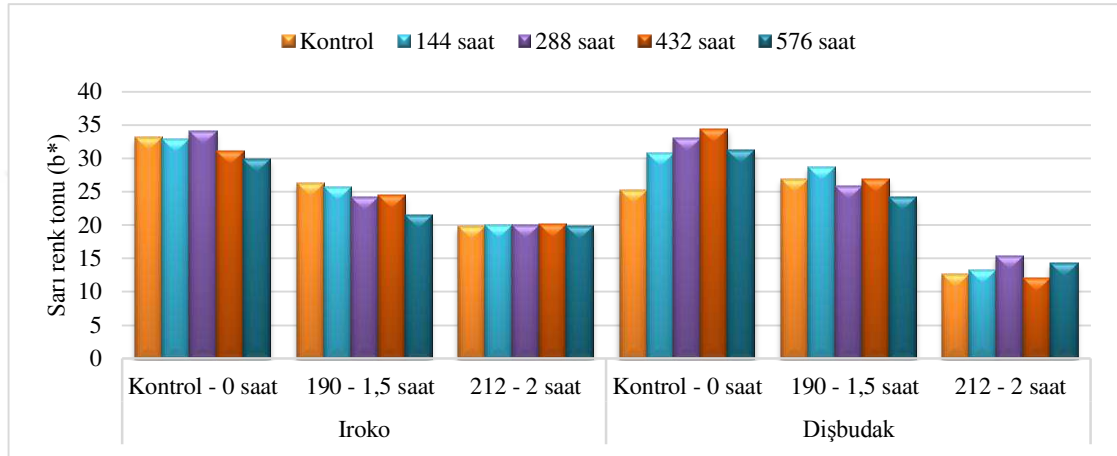
Dolayısıyla ABC üçlü etkileşim sonucunda en yüksek değer, PU vernik uygulanmış dişbudak kontrol örneğinde, 212°C'de 2 saat ısıt işlem görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanan dişbudak örneklerinde en düşük elde edilmiştir (Çizelge 3.28).

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.29'da, bunlara ait grafik Şekil 3.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.29. Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	33,15	BA	32,83	B	34,01	BA	31,16	C	29,88	ED
	190°C-1,5 saat	26,30	GF	25,72	GF	24,16	H	24,43	H	21,50	J
	212°C-2 saat	19,79	I	20,04	I	20,00	I	20,15	I	19,90	I
Dişbudak	Kontrol	25,27	HG	30,83	DC	33,01	B	34,38	A*	31,20	C
	190°C-1,5 saat	26,95	F	28,69	E	25,80	GF	26,93	F	24,28	H
	212°C - 2 saat	12,77	M	13,24	ML	15,32	K	12,03	M	14,23	LK

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.21. Ağaç türü, ısıt işlem, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) karşılaştırılması.

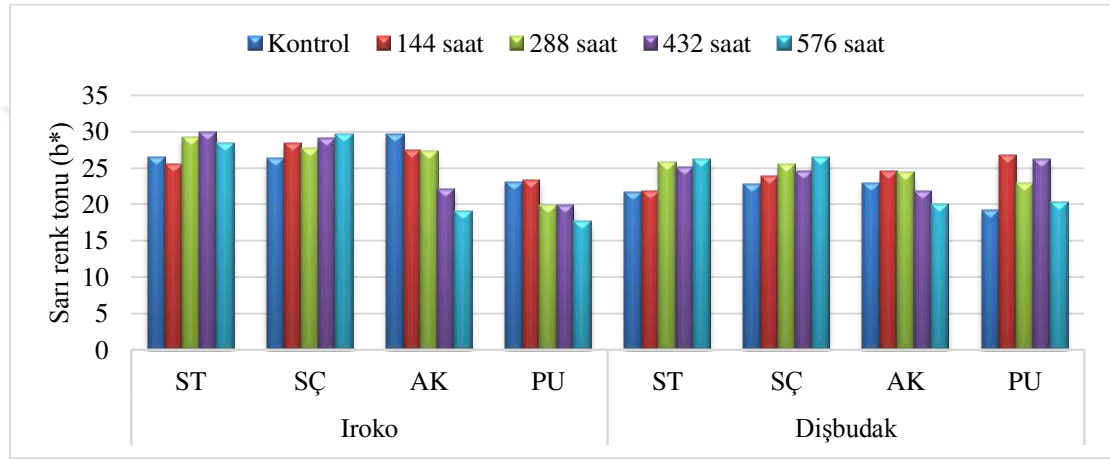
Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktörü (ABD) etkileşimi düzeyinde sarı renk değeri en yüksek; iroko için ısıt işlemsiz kontrol örneklerine ait 288 saat yaşlandırmada (34,01), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören ve yaşlandırılmamış kontrol örneğinde (19,79) elde edilmiştir (Çizelge 3.29). Dişbudak deney örnekleri için en yüksek değer ısıt işlemsiz kontrol grubunun 432 saat yaşlandırılmasında (34,38) en düşük değer 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş ve 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş deney örneklerinde (12,03) elde edilmiştir (Çizelge 3.29). Şekil 3.21’e göre her iki ağaç türü içinde ısıt işlem süresi ve sıcaklığının artmasıyla sarı renk değerlerinin azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.30’da, bunlara ait grafik Şekil 3.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.30. Ağaç türü, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	26,56	FED	25,59	HGF	29,21	BA	29,85	A*	28,50	CBA
	SÇ	26,39	FED	28,39	CBA	27,69	DCB	29,10	BA	29,73	A*
	AK	29,58	A*	27,47	DC	27,38	EDC	22,10	M	19,07	ON
	PU	23,13	M-J	23,34	M-J	19,95	N	19,94	N	17,73	O
Dişbudak	ST	21,74	M	21,91	M	25,83	H-E	25,17	I-F	26,25	FED
	SÇ	22,80	ML	23,91	L-I	25,62	HGF	24,59	J-G	26,44	FED
	AK	22,95	MLK	24,50	K-H	24,41	K-H	21,87	M	20,00	N
	PU	19,16	ON	26,69	FED	22,98	MLK	26,15	G-D	20,27	N

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.22. Ağaç türü, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) karşılaştırılması.

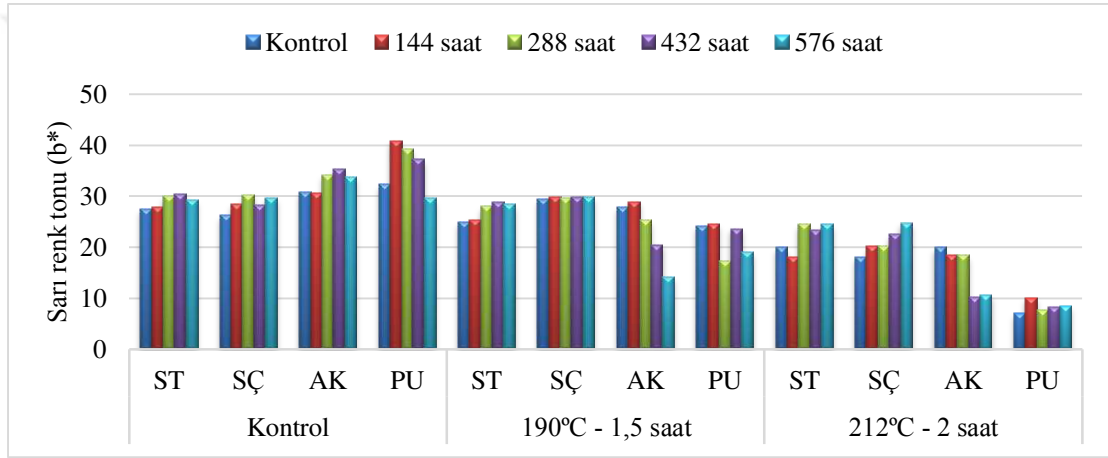
Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü (ACD) etkileşim düzeyinde sarı renk değeri en yüksek; iroko için yüzeyine ST vernik uygulanan ve 432 saat yaşlandırılmış örneklerde (29,85), en düşük ise yüzeyine PU vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (17,73) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, yüzeyine PU vernik uygulanan ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (26,69), en düşük ise yüzeyine PU vernik uygulanan kontrol grubuna ait örneklerde (19,16) elde edilmiştir (Çizelge 3.30).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.31’de, bunlara ait grafik Şekil 3.23’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.31. Isıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu faktörü üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	27,49	ML	27,74	MLK	30,09	I-F	30,39	HGF	29,27	L-F
	SÇ	26,26	NM	28,46	L-H	30,29	I-F	28,24	L-H	29,66	K-F
	AK	30,84	FE	30,62	GFE	34,09	C	35,29	C	33,75	DC
	PU	32,25	ED	40,86	A*	39,28	A*	37,16	B	29,50	L-F
190°C 1,5 saat	ST	24,99	PON	25,41	ON	28,00	L-I	28,76	L-G	28,38	L-H
	SÇ	29,42	L-F	29,93	J-F	29,49	L-F	29,82	J-F	29,85	J-F
	AK	27,96	M-J	28,95	L-F	25,26	PON	20,51	R	14,21	V
	PU	24,13	QPO	24,54	PON	17,17	U	23,64	QPO	19,11	TSR
212°C 2 saat	ST	19,98	TSR	18,11	UT	24,46	PON	23,37	QP	24,48	PON
	SÇ	18,11	UT	20,06	TSR	20,19	SR	22,49	Q	24,74	PON
	AK	19,99	TSR	18,39	UTS	18,33	UTS	10,16	YW	10,65	W
	PU	7,05	Z	10,01	YW	7,66	Z	8,34	ZY	8,40	ZY

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir. **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.23. Isıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) karşılaştırılması.

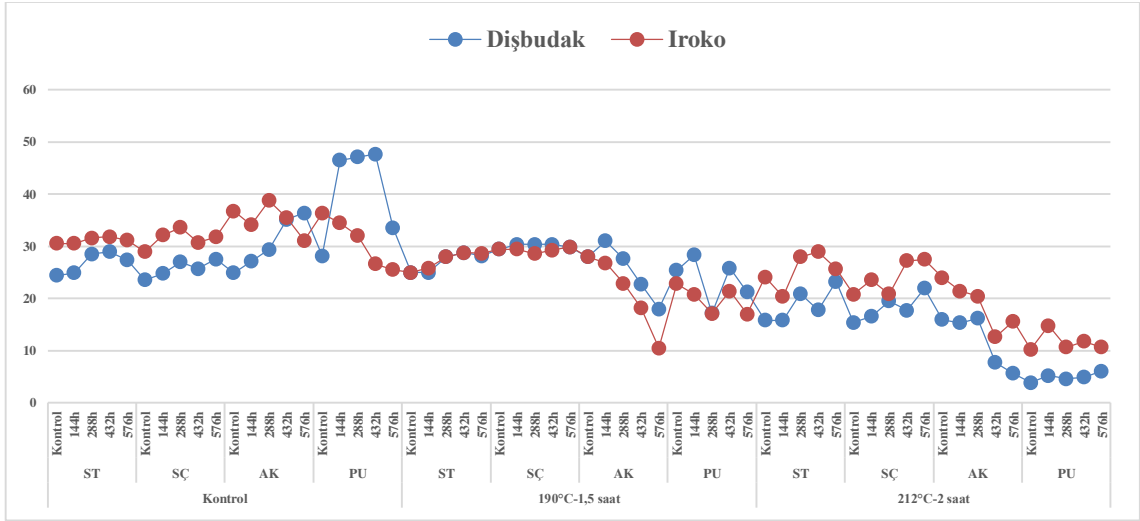
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü (BCD) üçlü etkileşim düzeyinde b* değeri en yüksek; ısıl işlemsiz kontrol grubunda yüzeylerine PU vernik uygulanmış ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (40,86), elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C'de 2 saat süreyle ısıl işlem görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulanan yaşlandırılmamış kontrol grubundaki deney örneklerinde (7,05) elde edilmiştir (Çizelge 3.31).

Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan dördümlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.32'de, bunlara ait grafik Şekil 3.24'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.32. Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b*) Duncan testi sonuçları.

Kaynak (ABCD) / Ağaç Türü			İroko		Dişbudak	
Isıl işlem	Vernik Çeşidi	Yaşlandırma Periyodu	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	Kontrol	30,56	O-H	24,41	f-b
		144 saat	30,56	O-H	24,92	e-a
		288 saat	31,61	K-G	28,56	V-L
		432 saat	31,82	I-E	28,96	U-I
		576 saat	31,15	L-H	27,38	b-P
	SÇ	Kontrol	28,96	U-I	23,55	i-d
		144 saat	32,15	H-E	24,77	f-a
		288 saat	33,60	G-D	26,97	c-Q
		432 saat	30,76	N-G	25,72	e-V
		576 saat	31,77	J-E	27,55	a-O
	AK	Kontrol	36,75	CB	24,94	e-a
		144 saat	34,12	F-C	27,11	b-Q
		288 saat	38,80*	B	29,38	U-H
		432 saat	35,44	DC	35,15	DC
		576 saat	31,09	L-H	36,40	CB
	PU	Kontrol	36,32	CB	28,18	Y-L
		144 saat	34,48	E-C	46,52	A
		288 saat	32,01	H-E	47,11	A
		432 saat	26,61	c-U	47,70	A*
		576 saat	25,51	e-Y	33,48	G-D
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	24,99	e-Z	24,99	e-Z
		144 saat	25,83	d-W	24,99	e-Z
		288 saat	28,00	Z-M	28,00	Z-M
		432 saat	28,76	W-J	28,76	W-J
		576 saat	28,63	V-K	28,14	Y-L
	SÇ	Kontrol	29,42	U-H	29,42	U-H
		144 saat	29,46	U-H	30,40	P-H
		288 saat	28,62	V-K	30,36	P-H
		432 saat	29,28	U-H	30,35	P-H
		576 saat	29,91	Q-H	29,79	R-H
	AK	Kontrol	27,96	Z-N	27,96	Z-N
		144 saat	26,84	c-R	31,05	M-G
		288 saat	22,88	j-e	27,64	a-O
		432 saat	18,25	o-l	22,76	j-e
		576 saat	10,47	r	17,96	onm
	PU	Kontrol	22,83	j-e	25,43	e-Y
		144 saat	20,77	jkji	28,32	V-L
		288 saat	17,14	pon	17,2	pon
		432 saat	21,42	k-g	25,85	d-W
		576 saat	16,99	p-n	21,22	kjih
212°C-2 saat	ST	Kontrol	24,13	g-c	15,83	po
		144 saat	20,39	mlkj	15,83	po
		288 saat	28,00	Z-M	20,92	lkji
		432 saat	28,95	U-I	17,78	onm
		576 saat	25,73	e-W	23,23	j-d
	SÇ	Kontrol	20,80	jkji	15,43	po
		144 saat	23,55	ihgfd	16,56	po
		288 saat	20,86	lkji	19,53	nmjk
		432 saat	27,26	b-Q	17,71	onm
		576 saat	27,49	a-P	21,98	kjihgf
	AK	Kontrol	24,02	h-c	15,96	po
		144 saat	21,44	k-g	15,33	po
		288 saat	20,46	mlkj	16,21	po
		432 saat	12,62	rq	7,71	u
		576 saat	15,67	po	5,63	vu
	PU	Kontrol	10,23*	r	3,87*	v
		144 saat	14,79	qp	5,24	vu
		288 saat	10,70	r	4,63	v
		432 saat	11,78	r	4,90	v
		576 saat	10,70	r	6,09	vu

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **: En yüksek, *: En düşük sarı renk değerini (b*) ifade etmektedir.



Şekil 3.24. Isıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait sarı renk değerinin (b^*) karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü dörtlü etkileşim düzeyinde b^* değeri en yüksek; ısıtma işlemi yapılmamış kontrol grubunda yüzeylerine PU vernik uygulanmış ve 432 saat yaşlandırılmış dişbudak örneklerinde (47,70), elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat süreyle ısıtma işlemi görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulanan yaşlandırılmamış kontrol grubundaki dişbudak deney örneklerinde (3,87) elde edilmiştir. Iroko deney örnekleri incelendiğinde en yüksek, ısıtma işlemi görmemiş olan kontrol örneklerinin yüzeylerine uygulanan AK vernikli ve 288 saat hızlandırılmış UV yaşlandırılmasına tabi tutulan deney örneklerinde (38,80) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat süreyle ısıtma işlemi görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulanan yaşlandırılmamış kontrol grubundaki deney örneklerinde (10,23) elde edilmiştir (Çizelge 3.32).

3.3.3. Renk Parlaklık (L^*) Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtma işlemi gören iroko ve dişbudak deney malzemelerinin, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra UVB-313 tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılan deney örnekleri üzerinden elde edilen ortalama L^* değeri ve bu değerlere ait standart sapma değerleri Çizelge 3.33’de verilmiştir.

Çizelge 3.33. Renk parlaklık (L*) ölçümlerine ait değerler.

Faktör (ABCD) / Ağaç türü (A)			İroko		Dişbudak	
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Aritmetik Ortalama (X)	Standart Sapma (Ss)	Aritmetik Ortalama (X)	Standart Sapma (Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	46,32	3,52	66,78	6,42
		144 saat	46,12	3,25	71,00	1,77
		288 saat	42,10	1,28	73,01	2,03
		432 saat	40,96	1,54	72,83	1,45
		576 saat	41,87	0,83	73,06	1,11
	SÇ	Kontrol	46,49	1,07	67,44	1,83
		144 saat	47,76	2,47	73,73	1,85
		288 saat	45,58	1,97	67,60	6,10
		432 saat	41,89	1,22	72,73	1,99
		576 saat	42,78	1,70	64,18	2,16
	AK	Kontrol	46,94	2,59	74,62	1,79
		144 saat	39,29	1,01	68,46	2,22
		288 saat	44,90	2,72	71,04	2,14
		432 saat	40,74	1,03	66,91	1,35
		576 saat	37,45	1,12	68,08	0,89
	PU	Kontrol	46,59	3,80	65,65	5,16
		144 saat	41,75	2,08	58,53	3,53
		288 saat	39,67	1,06	57,34	1,41
		432 saat	35,61	0,99	55,77	1,43
		576 saat	34,51	1,66	40,60	0,94
190°C - 1,5 saat	ST	Kontrol	36,90	1,21	36,90	1,21
		144 saat	39,35	1,30	36,90	1,21
		288 saat	39,45	0,99	39,45	0,99
		432 saat	38,87	1,20	38,87	1,20
		576 saat	37,94	0,94	47,67	3,62
	SÇ	Kontrol	38,50	1,46	39,96	4,43
		144 saat	45,91	2,38	45,91	2,38
		288 saat	39,76	1,51	46,62	1,79
		432 saat	37,63	1,51	47,58	3,34
		576 saat	38,78	1,25	45,80	1,29
	AK	Kontrol	39,59	1,28	45,88	2,25
		144 saat	40,33	3,31	46,36	2,32
		288 saat	35,06	2,20	35,06	2,20
		432 saat	32,35	0,91	41,17	4,12
		576 saat	26,34	1,24	36,06	2,85
	PU	Kontrol	32,02	1,86	37,78	3,85
		144 saat	43,56	11,00	50,72	9,91
		288 saat	33,47	1,44	36,71	2,79
		432 saat	30,98	1,17	35,41	1,59
		576 saat	29,13	1,43	30,09	1,73
212°C - 2 saat	ST	Kontrol	30,28	1,86	34,98	1,17
		144 saat	26,58	1,66	31,33	1,99
		288 saat	35,47	1,74	24,14	1,35
		432 saat	32,71	1,21	24,14	1,35
		576 saat	39,45	0,99	31,63	1,71
	SÇ	Kontrol	39,85	1,16	27,30	1,63
		144 saat	36,48	1,66	36,79	10,44
		288 saat	34,36	0,90	23,77	3,21
		432 saat	30,34	2,24	23,71	2,40
		576 saat	30,67	1,93	26,36	1,45
	AK	Kontrol	36,93	0,51	25,81	1,71
		144 saat	35,85	1,58	31,01	0,95
		288 saat	28,74	0,74	20,76	1,98
		432 saat	25,61	0,80	21,23	1,56
		576 saat	24,99	0,78	21,24	1,49
	PU	Kontrol	24,96	2,53	27,65	5,45
		144 saat	31,24	12,66	40,93	17,15
		288 saat	23,99	1,03	20,61	0,27
		432 saat	24,53	1,19	20,58	0,55
		576 saat	23,39	1,36	21,11	1,17

X: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma, Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Çizelge 3.33'e göre L* değerleri için ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyoduna göre farklı değerler elde edilmiştir. Farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını ortaya çıkarmak için çoklu varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 3.34'de verilmiştir.

Çizelge 3.34. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun renk parlaklık değerlerine (L*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalama	F değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç Türü (A)	18548,03	1	18548,03	1722,19	0,000*
Isıt işlem (B)	144013,98	2	72006,99	6685,88	0,000*
Vernik çeşidi (C)	17582,00	3	5860,67	544,17	0,000*
Yaşlandırma (D)	454,77	4	113,69	10,56	0,000*
Etkileşim (AD)	43157,53	2	21578,77	2003,60	0,000*
Etkileşim (AC)	1253,11	3	417,71	38,78	0,000*
Etkileşim (AB)	890,12	4	222,53	20,66	0,000*
Etkileşim (BC)	1794,94	6	299,16	27,78	0,000*
Etkileşim (BD)	4950,75	8	618,84	57,46	0,000*
Etkileşim (CD)	5229,15	12	435,76	40,46	0,000*
Etkileşim (ABC)	2463,87	6	410,65	38,13	0,000*
Etkileşim (ABD)	828,22	8	103,53	9,61	0,000*
Etkileşim (ACD)	1255,67	12	104,64	9,72	0,000*
Etkileşim (BCD)	2408,98	24	100,37	9,32	0,000*
Etkileşim (ABCD)	1372,05	24	57,17	5,31	0,000*
Hata	11631,62	1080	10,77		
Toplam	2186075,12	1200			

*: Anlamlı ($\alpha \leq 0,05$ 'e göre), **: Önemsiz

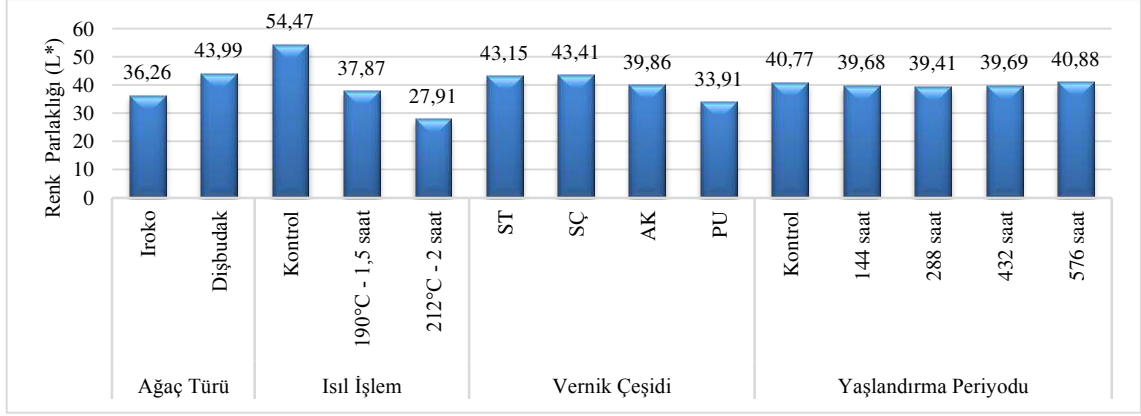
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı tüm etkileşimlerin anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($\alpha=0,05$), (Çizelge 3.34).

Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.35'de, bunlara ait grafik Şekil 3.25'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.35. Renk parlaklık (L*) ölçümlerine ait ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör	$\bar{X}$	HG
Ağaç Türü	Iroko	B
	Dişbudak	A*
Isıt İşlem	Kontrol	A*
	190°C - 1,5 saat	B
	212°C - 2 saat	C
Vernik Çeşidi	ST	A*
	SÇ	A*
	AK	B
	PU	C
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	A*
	144 saat	B
	288 saat	B
	432 saat	B
	576 saat	A*

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek renk parlaklık değerini (L*) ifade etmektedir.



Şekil 3.25. Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörlerine ait L* değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 3.35'e göre ağaç türü faktörü düzeyinde L* değeri dişbudakta (43,99), ıroko (36,26) tespit edilmiştir. Dişbudak odunun doğal renginin ıroko'ya göre daha açık olduğundan dişbudak deney örneklerinin renk parlaklık (L*) değerinin daha yüksek çıktığı düşünülmektedir. Literatürde; [14]'e göre sarıçam ve kestane odunu örnekleri ile karşılaştırılan ıroko örneklerinde ortalama L* değeri (56,11) ile en düşük değerler elde edilmiştir. [74]'e göre ağaç türü düzeyinde L* değeri en yüksek sarıçamda (47,53), en düşük meşede (30,21) tespit edilmiştir. Bu farklılığa ağaç türlerinin anatomik özelliklerinin ve tekstürlerinin sebep olduğu bildirilmiştir. Literatürdeki çalışmada L* değeri ile kayında hemiselüloz, çamda lignin ve ladinde gluxylan arasında güçlü bir ilişki olduğu ifade edilmiştir [202]. [102]'ye göre ısıtma işlemin dezavantajları arasında yer alan kütle kaybı ile odundan ayrılan yan bileşiklerin odunun L* değerinin düşmesinde önemli bir etkiye sebep olduğu bildirilmiştir. [153]'e göre, ladin örneklerinin rengindeki değişimi incelediği çalışmada ısıtma işlemi ve yaşlandırma sonucunda L*, a* ve b* değerlerinde düşüş gözlemlendiği bildirilmiştir. [102] ve [202]'ye göre renk değişiminde L*, a* ve b* değerlerinin hepsi etkili olmakla birlikte L* değerlerinde oldukça fazla bir azalma olduğu bildirilmiştir. [141]'e göre en yüksek L* değeri, rengi beyaz veya sarımsı beyaz olmasından dolayı ladinde ve L* değerinin düşük çıkan melez malzemenin ise doğal renginin kırmızımsı kahve renkli olmasından kaynaklanabileceğini bildirilmiştir.

Isıtma işlemi düzeyinde, en yüksek kontrol örneklerinde (54,47) ve en düşük, 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş örneklerde (27,91) elde edilmiştir (Çizelge 3.35). Isıtma işlemi faktörü düzeyinde L* değeri, en yüksek kontrol örneklerinde (54,47), en düşük 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş örneklerde (27,91) elde edilmiştir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde ısıtma işlemi varyasyonlarının L* değeri üzerine etkisinde istatistiksel olarak

anlamlı bir farkın olduğu Çizelge 3.35’de farklı homojenlik grupları oluşturduklarından anlaşılmaktadır. Literatürde; [74]’e göre ısıtma işlem düzeyinde, L* değeri en yüksek 190°C – 2 saatte (44,53), en düşük 212°C – 2 saatte (34,06) elde edilmiştir. Buna göre ısıtma işlemde uygulanan sıcaklık başlangıçta L* değerini arttırmış, ancak sıcaklıktaki artışın fazla olması halinde L* değerinde azalma meydana geldiğini bildirmiştir. Isıtma işlem uygulanmış ağaç malzemedeki sıcaklığa bağlı olarak L* değerindeki azalmanın, glukoz, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimler neticesinde meydana gelmiş olabileceğini ifade edilmiştir [146], [157], [202]. Literatürdeki çalışmalar farklı ağaçlar ile yapılmış olmasına karşın ısıtma işleminin L* değeri üzerindeki azaltıcı etkisi yapılan çalışmaların sonuçları ile uyumludur [74], [86], [151], [153].

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde L* değeri en yüksek SÇ vernikte (43,15), en düşük PU vernikte (33,91) elde edilmiştir (Çizelge 3.35). Literatürde; [74] ve [141]’e göre vernik çeşidi faktörü düzeyinde L* değeri en yüksek su bazlı çift bileşenli vernikte, en düşük tek bileşenli vernikte elde edildiği bildirilmiştir. Su bazlı çift bileşenli verniklerin L* değerini artırıcı etkide bulunmasının bu verniklerin yapısal özelliklerinden kaynaklandığı bildirilmiştir. L* değerlerindeki azalma renk tonunda koyulaşmayı, artış ise rengin açıldığını ifade etmektedir [134]. Çalışmada elde edilen sonuçlar literatür ile uyumludur.

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde L* değeri en yüksek 576 saatlik UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (40,88), en düşük 288 saat yaşlandırılmış örneklerde (39,41) elde edilmiştir (Çizelge 3.35). Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde oluşturulan Duncan testi homojenlik gruplarında kontrol (40,77) ve 576 saat (40,88) yaşlandırılan gruplar kendi aralarında benzerdir. 144 saat (39,68), 288 saat (39,41) ve 432 saat (39,69) UV yaşlandırılan örnek gruplarının kendi aralarında ortalama değerlerinin %95 güven düzeyinde benzer olduğu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla yaşlandırma periyodu düzeyinde 144 saat süreyle yaşlandırılan örneklerde L* değeri azalmakta, 432 saat yaşlandırma süresince devam eden bu seyir 576 saat yaşlandırmada tekrar artarak kontrol grubunun seviyesine yükselmiştir. UVB -313 EL tipi lamba ile yaşlandırmada öncelikle L* değerinin 144-432 saat yaşlandırma aralığında bir miktar düştüğü ve 576 saat yaşlandırmada ise tekrar ilk seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. Bu durumda 576 saat yaşlandırmanın ağaç malzeme renginin açılarak renk parlaklık değerini artırdığı söylenebilir. Literatürde [14]’e göre L* değerleri üzerinde ağaç türünün etkisi üç türde de farklı sonuçlar elde edildiğini ve iroko odununda 144 saat yaşlandırmanın L* değerini azalttığı ve 288 saatte ise bir miktar arttığı

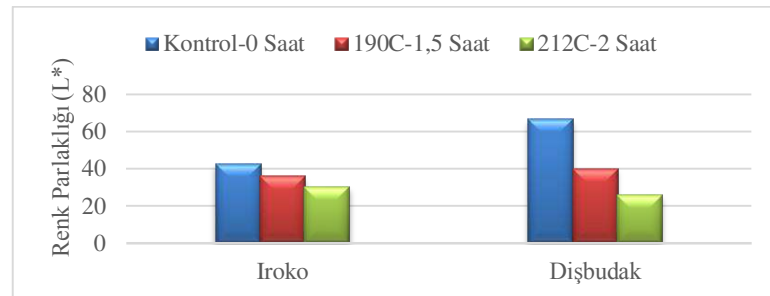
bildirilmiştir. 144 saat'lik yaşlandırma etkisi, L* değerlerinde kontrol örneğine göre yaklaşık %12,1'lik, 288 saatlik yaşlandırmada ise, yaklaşık %10,6'lık bir azalma meydana getirdiği bildirilmiştir. [150]'ye göre açık havada yaşlandırılan örneklerin L* değerlerinin kontrol örneklerinden daha düşük çıktığı bildirilmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma işleminin, L* değerini azalttığı bildirilmiştir [82], [176]. Isıl işlem uygulanmış Jack pine (*Pinus banksiana*)'da 1500 saatlik yaşlandırma sonunda kontrol ile ısıtılmış örneklerde benzer renk değerleri (L*, a*, b*) elde ettiklerini, yaşlandırma süresi arttıkça daha açık ve beyaz renk elde edildiğini bildirilmiştir [203]. Isıl işlemli ve ısıtılmamış kontrol örneğinde 144 ve 288 saatlik yaşlandırmada L* değerinin azaldığını ancak 576 ve 864 saatlik yaşlandırma periyodunda L* değerlerinde tüm varyasyonlar için artış meydana geldiği bildirilmiştir [86]. 835 saat UVA tipi lamba ile yapılan hızlandırılmış yaşlandırma sonunda ısıtılmış örneklerinin renk stabilitesinin ısıtılmamış olanlardan daha iyi olduğunu bildirilmiştir. Isıl işlem görmüş odunun yapısındaki değişimlerden dolayı (lignin modifikasyonu ve fenolik bileşiklerin monomerleri) UV ışınlarına karşı daha dirençli hale geldiği bildirilmiştir [203].

Ağaç türü - ısıtılmış işlem faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.36'da, buna ait grafik Şekil 3.26'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.36. Ağaç türü-ısıtılmış işlem ikili etkileşimine ait renk parlaklık değeri (L*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AB	Kontrol		190°C – 1,5 saat		212°C – 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	42,48	B	35,70	D	30,29	E
Dişbudak	66,47	A*	40,04	C	25,54	F

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek renk parlaklık değeri (L*) ifade etmektedir.



Şekil 3.26. Ağaç türü - ısıtılmış işlem ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L*) değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısıtılmış işlem (AB) etkileşimi düzeyinde L* değeri iroko için; en yüksek ısıtılmış işlem uygulanmamış olan kontrol örneğinde (42,48), en düşük ise 212°C'de 2 saat ısıtılmış işlem tabi tutulmuş olan örneklerde (30,29) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer,

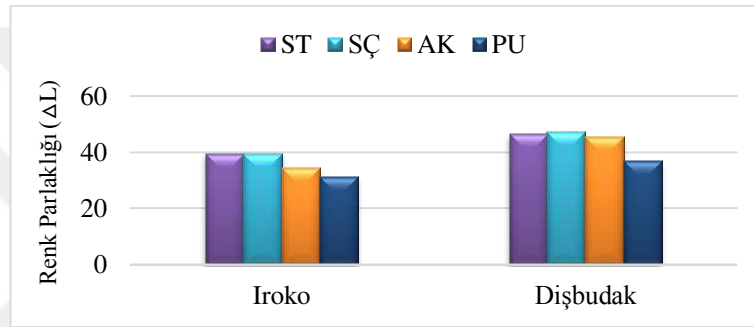
kontrol örneğinde (66,47), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş olan örneklerde (25,54) elde edilmiştir (Çizelge 3.36).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.37’de verilerek, buna ait grafik Şekil 3.27’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.37. Ağaç türü-vernük çeşidi ikili etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	39,60	C	39,62	C	34,27	E	31,11	F
Dişbudak	46,69	A*	47,20	A*	45,44	B	36,71	D

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek renk parlaklık değerini (L*) ifade etmektedir. Ağaç türü, C: Vernik çeşidi.



Şekil 3.27. Ağaç türü - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L*) değerlerinin karşılaştırılması.

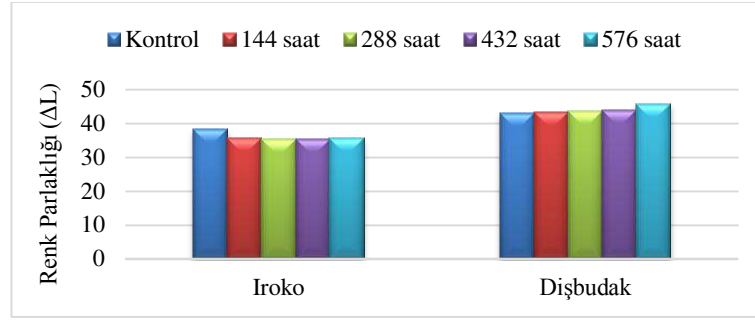
Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) etkileşimi düzeyinde L* değeri iroko için; en yüksek SÇ vernik uygulanan örneklerde (39,62), en düşük PU vernik uygulanan deney örneklerinde (31,11) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek L* değeri, SÇ vernik uygulanan örneklerde (47,20), en düşük PU vernik uygulanmış deney örneklerinde (36,71) elde edilmiştir (Çizelge 3.37).

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.38’de, buna ait grafik Şekil 3.28’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.38. Ağaç türü-yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	38,35	C	35,89	D	35,28	D	35,41	D	35,83	D
Dişbudak	43,20	B	43,46	B	43,54	B	43,96	B	45,93	A*

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek renk parlaklık değeri) ifade etmektedir. A:Ağaç türü, D: Yaşlandırma .



Şekil 3.28. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L*) değerlerinin karşılaştırılması.

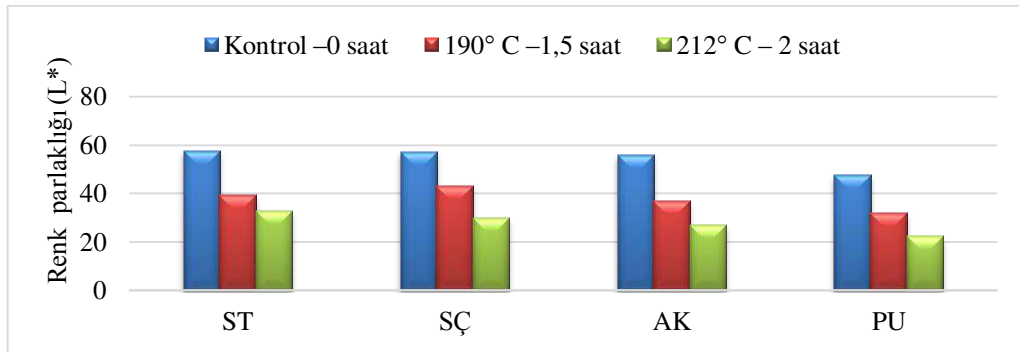
Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) etkileşimi düzeyinde L* değeri iroko için; en yüksek kontrol örneklerinde (38,35), en düşük 144 saat hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (35,28) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek, 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (45,93), en düşük kontrol örneklerinde (43,20) elde edilmiştir..

Isıl işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.39’da, buna ait grafik Şekil 3.29’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.39. Isıl işlem-vernik çeşidi ikili etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	57,43	A*	57,02	A*	55,84	B	47,60	C
190° C –1,5 saat	39,23	E	43,35	D	37,01	F	31,90	G
212° C – 2 saat	32,80	G	29,88	H	26,73	I	22,24	J

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *, *: En yüksek renk parlaklık değerini (L*) ifade etmektedir. B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.29. Isıl işlem - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L*) değerlerinin karşılaştırılması.

Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktörü etkileşimi düzeyinde L* değeri en yüksek, ısıl işlem görmemiş olan ve yüzeylerine ST vernik uygulanan kontrol örneklerde (57,43), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıl işlem görmüş ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış örneklerde (22,24) elde edilmiştir (Çizelge 3.39). Şekil 3.29’da görüldüğü üzere tüm

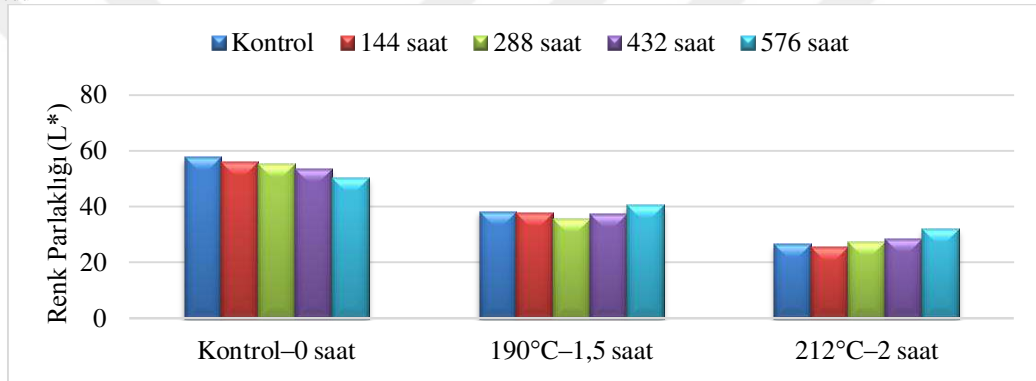
vernük çeşitlerinde L^* değeri kontrol gruplarında en yüksek ve ısıt işlemin sıcaklığı ve süresinin artışına bağı olarak düşme eğilimi göstermişlerdir.

Isıt işleml - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.40'da, bunlara ait grafik Şekil 3.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.40. Isıt işleml, yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık değeri (L*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	57,61	A*	55,86	B	55,16	B	53,43	C	50,31	D
190°C-1,5 saat	38,24	F	37,82	F	35,72	G	37,17	F	40,41	E
212°C-2 saat	26,48	J	25,36	K	27,36	J	28,45	I	31,93	H

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek renk parlaklık değeri (L^*) ifade etmektedir. B: Isıt işleml, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.30. Isıt işleml - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.

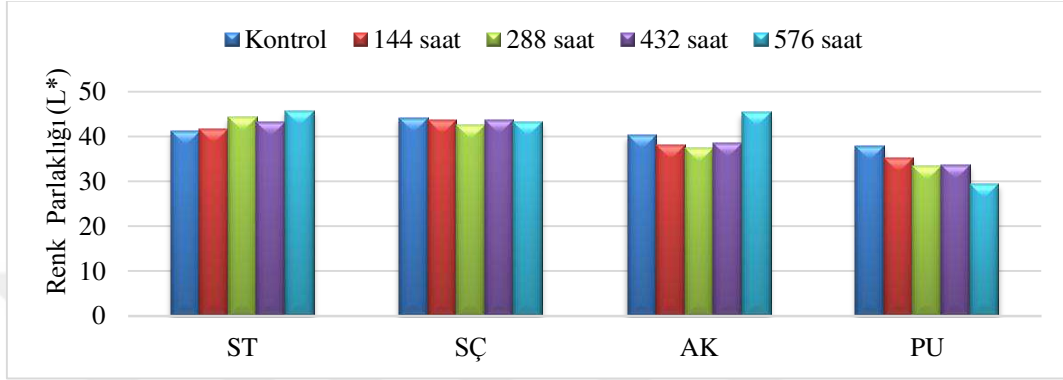
Isıt işleml - yaşlandırma periyodu (BD) etkileşimi düzeyinde L^* değeri en yüksek, ısıt işlemsiz kontrol örneklerinin yaşlandırılma görmemiş olan kontrol örneklerinde (57,61), en düşük 212°C'de 2 saat ısıt işleml görmüş örneklerin 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (25,36) elde edilmiştir. Çizelge 3.40'da ısıt işleml süresinin ve sıcaklığının artışı ile ters orantılı olarak L^* değerlerinin azaldığı söylenebilir. Yaşlandırma faktörü düzeyinde ise kontrol örneklerinde yaşlandırma saati arttıkça L^* değeri düşme eğiliminde olmuştur.

Vernük çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.41'de, bunlara ait grafik Şekil 3.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.41. Vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	41,08	GF	41,74	FE	44,18	CB	43,11	DC	45,63	A*
SÇ	43,98	CB	43,65	DC	42,57	ED	43,66	DC	43,21	DC
AK	40,20	G	38,02	H	37,43	H	38,34	H	45,33	BA
PU	37,84	H	35,30	I	33,45	J	33,63	J	29,35	K

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *, *: En yüksek renk parlaklık değerini (L^*) ifade etmektedir. C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.31. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.

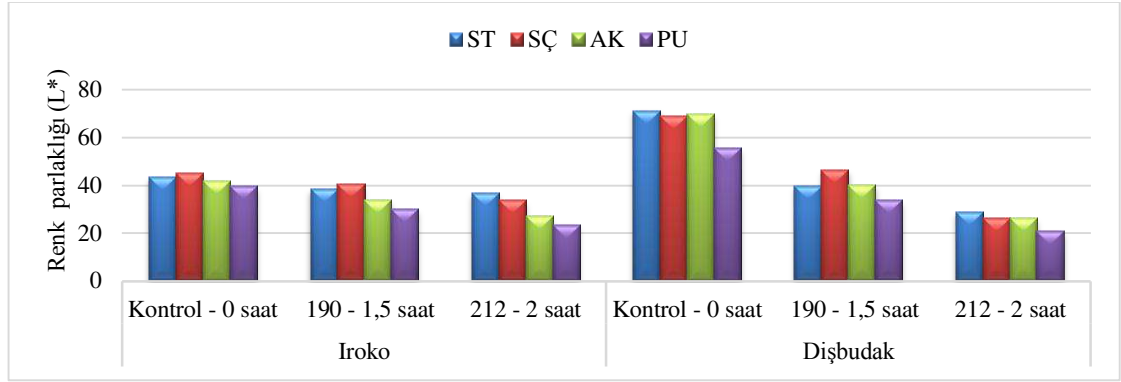
Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) etkileşimi düzeyinde L^* değeri en yüksek, yüzeylerine ST vernik uygulanan ve 576 saat UV ile yaşlandırılan örneklerde (45,63), en düşük değer ise yüzeylerine PU vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılan örneklerde (29,35) elde edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem – vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.42’de, bunlara ait grafik Şekil 3.32’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.42. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC		ST		SÇ		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	43,51	F	44,90	E	41,87	G	39,63	IH
	190°C –1,5 saat	38,50	IH	40,33	H	33,87	K	30,09	L
	212°C –2 saat	36,79	J	33,63	K	27,11	M	23,63	N
Dişbudak	Kontrol	71,34	A*	69,14	B	69,82	B	55,58	C
	190°C –1,5 saat	39,96	H	46,36	D	40,16	H	33,70	K
	212°C –2 saat	28,80	L	26,13	M	26,36	M	20,86	O

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *, *: En yüksek renk parlaklık değerini (L^*) ifade etmektedir. A: Ağaç Türü, B: Isıt İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.32. Ağaç türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait renk parlaklığı (L*) değerlerinin karşılaştırılması.

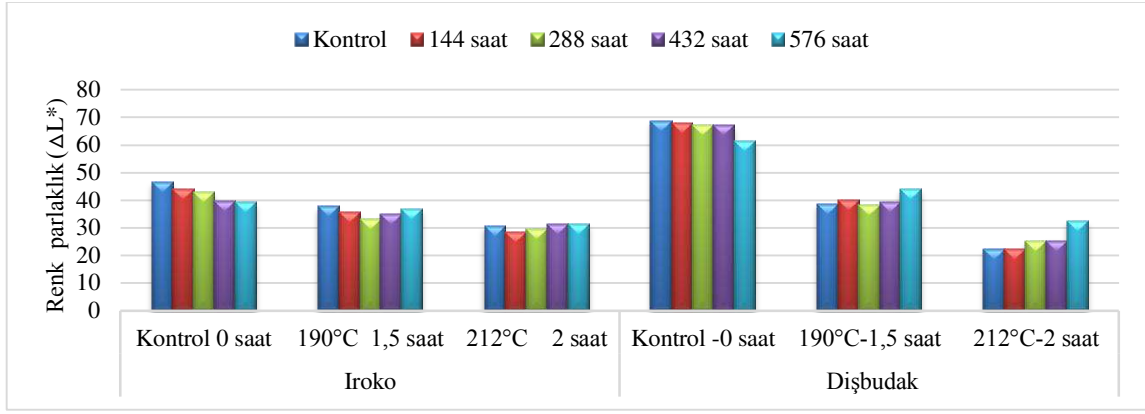
Ağaç türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi faktörü (ABC) etkileşimi düzeyinde L* değeri en yüksek iroko için yüzeylerine SÇ vernik uygulanan ısıtma işlemleri kontrol grubunda (43,51), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanmış örneklerde (23,63) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek L* değeri yüzeyine ST vernik uygulanmış kontrol örneklerinde (71,34), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanan örneklerde (20,86) elde edilmiştir (Çizelge 3.42).

Ağaç türü - ısıtma işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.43’de, bunlara ait grafik Şekil 3.33’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.43. Ağaç türü, ısıtma işlem, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait renk parlaklığı değerlerinin (L*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	46,59	C	43,78	D	43,06	D	39,80	EF	39,15	GFE
	190°C-1,5 saat	37,83	HG	35,61	JI	33,14	K	34,99	J	36,92	IH
	212°C-2 saat	30,64	NM	28,30	O	29,63	ON	31,45	ML	31,43	ML
Dişbudak	Kontrol	68,62	A*	67,93	A*	67,25	A*	67,06	A*	61,48	B
	190°C-1,5 saat	38,64	GFE	40,02	E	38,29	HGF	39,36	GFE	43,90	D
	212°C -2 saat	22,32	R	22,41	R	25,09	P	25,46	P	32,42	LK

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek renk parlaklığı değerini (L*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, B: Isıtma işlem, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.33. Ağaç türü, ısı işlem, yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait renk parlaklık (L*) değerlerinin karşılaştırılması.

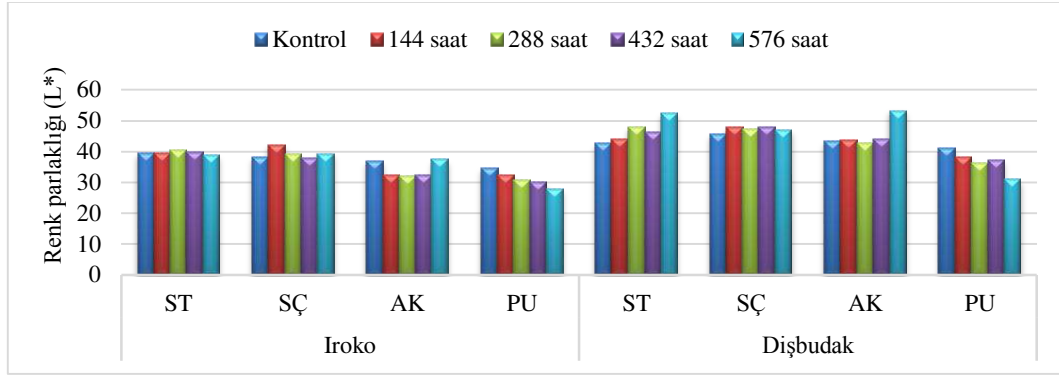
Ağaç türü - ısı işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktörü etkileşim düzeyinde L* değeri en yüksek; iroko için yüzeyine ısı işlemsiz kontrol örneklerin yaşlandırılmamış örneklerinde (40,59), en düşük ise 212 °C’de 2 saat ısı işlem görmüş olan deney örneklerinin 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (28,30) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, ısı işlemsiz olan kontrol örneklerinin yaşlandırılmamış örneklerinde (68,62), en düşük ise 212 °C’de 2 saat ısı işlem görmüş olan deney örneklerinin yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (22,32) elde edilmiştir. Dişbudak kontrol örneklerine ait yaşlandırılan örneklere ait L* değerleri arasında istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3.43).

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.44’de, bunlara ait grafik Şekil 3.34’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.44. Ağaç türü, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	39,56	IHG	39,46	IHG	40,34	HG	39,89	IHG	38,76	KJIH
	SÇ	38,28	JIHG	42,25	FE	39,28	JIHG	37,96	LKJI	39,41	IHG
	AK	36,91	LK	32,41	N	32,08	N	32,57	N	37,42	LKJ
	PU	34,68	M	32,42	N	30,73	O	29,98	O	27,75	P
Dişbudak	ST	42,61	FE	44,01	ED	48,03	B	46,33	CB	52,50	A*
	SÇ	45,70	DC	48,02	B	47,18	CB	48,11	B	47,02	CB
	AK	43,48	E	43,62	E	42,78	FE	44,11	ED	53,24	A*
	PU	40,99	GF	38,17	KJI	36,18	ML	36,28	LK	30,95	O

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek renk parlaklık değerini (L*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.34. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait renk parlaklık (L*) değerlerinin karşılaştırılması.

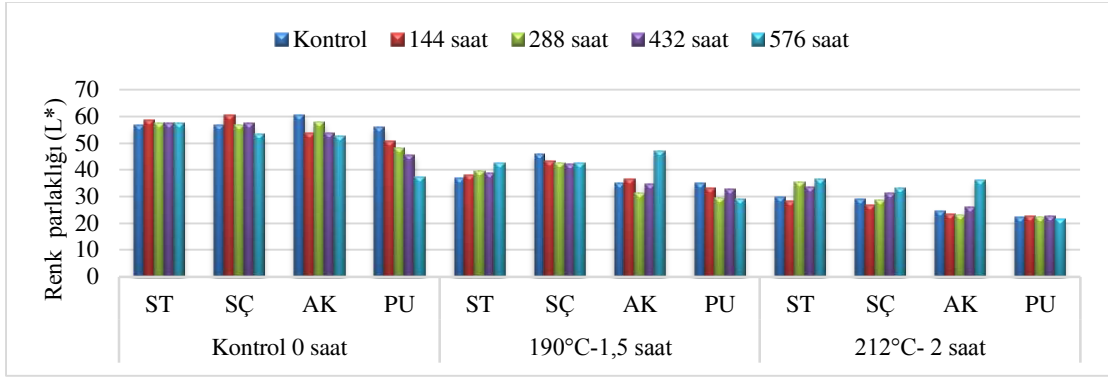
Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü etkileşim düzeyinde L* değeri en yüksek iroko için yüzeyine SÇ vernik uygulanan ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (42,05) elde edilmiştir. En düşük ise yüzeyine PU vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (27,75) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, yüzeyine AK vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (53,24), en düşük ise yüzeyine PU vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (30,95) elde edilmiştir (Çizelge 3.44).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.45’de, bunlara ait grafik Şekil 3.35’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.45. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	56,55	CB	58,66	BA	57,56	CB	57,56	CB	57,46	CB
	SÇ	56,97	CB	60,75	A*	56,59	CB	57,31	CB	53,48	D
	AK	60,78	A*	53,87	D	57,97	CB	53,83	D	52,76	D
	PU	56,12	C	50,61	F	48,16	G	45,69	H	37,55	M-J
190°C - 1,5 saat	ST	36,90	N-K	38,12	LKJ	39,45	J	38,87	KI	42,80	I
	SÇ	45,91	H	43,19	I	42,60	I	42,29	I	42,74	I
	AK	35,06	ONM	36,76	N-K	31,20	TSR	34,90	P-M	47,14	HG
	PU	35,09	ONM	33,20	R-O	29,61	WTS	32,63	RQP	28,95	VWT
212°C- 2 saat	ST	29,81	WTS	28,43	YVW	35,54	NML	33,57	Q-N	36,64	N-K
	SÇ	29,06	VWT	27,02	YV	28,52	YVW	31,37	SRQ	33,43	R-N
	AK	24,75	ZX	23,42	aZ	23,11	aZ	26,30	XY	36,09	NML
	PU	22,30	a	22,55	aZ	22,25	a	22,57	aZ	21,55	a

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek renk parlaklık değerini (L*) ifade etmektedir. B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.35. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait renk parlaklık (L*) değerlerinin karşılaştırılması.

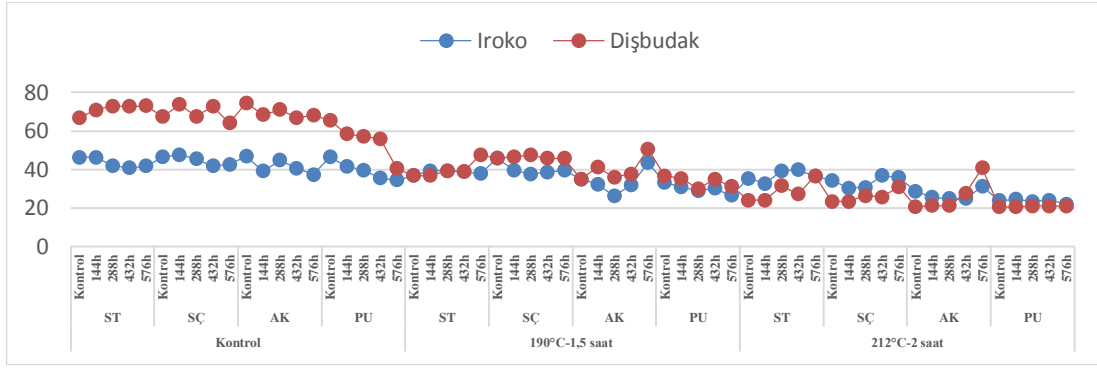
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü etkileşimi düzeyinde L* değeri en yüksek ısıl işlemsiz kontrol üzerine uygulanan AK verniğin yaşlandırma görmemiş örneklerde elde edilmiştir (60,78). En düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıl işlem gören ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (21,55) elde edilmiştir (Çizelge 3.45).

Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan dördümlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.46’da, bunlara ait grafik Şekil 3.36’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.46. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait renk parlaklık değerinin (L*) Duncan testi sonuçları.

ABCD / Ağaç türü (A)			Iroko		Dişbudak	
Isıt İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	Kontrol	46,32	IH	66,78	ED
		144 saat	46,32	IH	71,00	CB
		288 saat	42,10	N-K	73,01	BA
		432 saat	40,96	P-L	72,83	BA
		576 saat	41,87	N-K	73,06	BA
	SÇ	Kontrol	46,49	IH	67,44	D
		144 saat	47,76*	H	73,73	BA
		288 saat	45,58	JIH	67,60	D
		432 saat	41,89	N-K	72,73	BA
		576 saat	42,78	M-J	64,18	E
	AK	Kontrol	46,94	IH	74,62*	A*
		144 saat	39,29	U-M	68,46	DC
		288 saat	44,90	K-H	71,04	CB
		432 saat	40,74	P-L	66,91	ED
		576 saat	37,45	V-P	68,08	DC
	PU	Kontrol	46,59	IH	65,65	ED
		144 saat	41,75	N-K	58,53	F
		288 saat	39,67	R-M	57,34	F
		432 saat	35,61	a-W	55,77	F
		576 saat	34,51	d-V	40,60	P-L
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	36,90	Y-Q	36,90	Y-Q
		144 saat	39,35	U-M	36,90	Y-Q
		288 saat	39,45	R-M	39,45	R-M
		432 saat	38,87	W-N	38,87	W-N
		576 saat	37,94	V-O	47,67	H
	SÇ	Kontrol	45,91	JIH	45,91	JIH
		144 saat	39,76	Q-M	46,62	IH
		288 saat	37,63	V-O	47,58	H
		432 saat	38,78	W-N	45,80	JIH
		576 saat	39,59	R-M	45,88	JIH
	AK	Kontrol	35,06	b-V	35,06	b-V
		144 saat	32,35	i-a	41,17	O-L
		288 saat	26,34	n-j	36,06	Z-R
		432 saat	32,02	j-b	37,78	V-O
		576 saat	43,56	L-I	50,72	G
	PU	Kontrol	33,47	g-Y	36,71	Y-Q
		144 saat	30,98	k-e	35,41	b-W
		288 saat	29,13	j-f	30,09	i-d
		432 saat	30,28	l-d	34,98	c-V
		576 saat	26,58	n-j	31,33	j-d
212°C – 2 saat	ST	Kontrol	35,47	b-W	24,14	q-m
		144 saat	32,71	h-Z	24,14	q-m
		288 saat	39,45	R-M	31,63	j-c
		432 saat	39,85	Q-M	27,30	m-i
		576 saat	36,48	Y-Q	36,79	Y-Q
	SÇ	Kontrol	34,36	f-V	23,39	r-n
		144 saat	30,34	l-d	23,39	r-n
		288 saat	30,67	k-d	26,36	n-j
		432 saat	36,93	Y-Q	25,81	n-j
		576 saat	35,85	Z-U	31,01	k-e
	AK	Kontrol	28,74	k-g	20,76	rq
		144 saat	25,61	o-k	21,23	rqp
		288 saat	24,99	o-l	21,24	rqp
		432 saat	24,96	o-l	27,65	l-h
		576 saat	31,24	j-d	40,93	P-L
	PU	Kontrol	23,99	r-m	20,61	r
		144 saat	24,53	p-l	20,58**	r
		288 saat	23,39	r-n	21,11	rqp
		432 saat	24,06	r-m	21,09	R-p
		576 saat	22,17**	r-o	20,94	rq

X: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek L* değerini **: En düşük L* değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.36. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait renk parlaklığı (L^*) değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü etkileşim düzeyinde L^* değeri iroko için; en yüksek ısıtma işlemleri kontrol grubunda, yüzeylerine SÇ vernik uygulanmış ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (47,76) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat süreyle ısıtma işlemi görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulandıktan sonra 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (22,17) elde edilmiştir. Dişbudak için ise; en yüksek ısıtma işlemleri kontrol örnekleri yüzeylerine AK vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (74,62) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat süreyle ısıtma işlemi görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulanan 144 saat yaşlandırılmış deney örneklerinde (20,58) elde edilmiştir (Çizelge 3.46).

ABCD dörtlü etkileşim değerlerine ait Şekil 3.36 incelendiğinde tüm vernik çeşitlerine ait katmanların dişbudak örneklerine ait L^* değerlerinin kontrol örneklerinde bariz bir şekilde iroko örneklerinden fazla olduğu 190°C’de 1,5 saat süre ısıtma işlemi ile dişbudak örneklerinde dikkate değer bir azalma görülmesine rağmen iroko örneklerinden yüksek değerler elde edilmiştir. 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş dişbudak örnekleri AK vernik 576 saat yaşlandırma gören grup haricindeki örnekler iroko örneklerinden daha düşük değerlere sahip olmuştur. Dolayısıyla dişbudak örnekleri yaşlandırma ve ısıtma işlem sürecine bağlı L^* değerinde irokoya göre daha yüksek oranda azalma meydana geldiği söylenebilir.

3.3.4. Toplam Renk Değişimi (ΔE^*) Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtma işlemi gören iroko ve dişbudak deney malzemeleri, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra UVB-313 tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılan deney örnekleri üzerinden elde edilen ortalama ΔE^* değerleri ve bu değerlere ait standart sapma değerleri Çizelge 3.47’de verilmiştir.

Çizelge 3.47. Toplam renk değişim değeri (ΔE^*) ölçümlerine ait değerler.

Faktör (ABCD) / Ağaç Türü (A)			Iroko		Dişbudak	
Isıl İşlem(B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama (X)	Standart Sapma (Ss)	Ortalama (X)	Standart Sapma (Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	58,14	3,43	71,88	6,10
		144 saat	58,14	3,43	75,93	1,65
		288 saat	56,03	1,10	79,13	1,74
		432 saat	55,94	0,62	79,10	1,01
		576 saat	55,46	0,56	78,71	0,74
	SÇ	Kontrol	57,03	1,03	72,24	1,59
		144 saat	59,99	2,52	78,47	1,38
		288 saat	59,65	1,60	73,91	4,65
		432 saat	55,44	1,38	77,84	1,69
		576 saat	56,68	1,99	70,99	1,81
	AK	Kontrol	62,69	2,61	79,37	1,32
		144 saat	59,49	1,14	74,80	1,40
		288 saat	63,94	2,19	77,94	1,27
		432 saat	60,84	0,85	77,13	1,14
		576 saat	56,20	2,34	78,78	0,86
	PU	Kontrol	62,44	4,18	72,75	4,03
		144 saat	59,44	2,99	76,94	2,34
		288 saat	56,97	1,77	76,36	1,63
		432 saat	50,56	2,23	75,69	2,36
		576 saat	49,06	2,44	57,55	2,00
190°C - 1,5 saat	ST	Kontrol	48,63	1,56	48,63	1,56
		144 saat	50,18	1,31	48,63	1,56
		288 saat	52,16	1,24	52,16	1,24
		432 saat	52,71	0,94	52,71	0,94
		576 saat	52,34	1,04	57,10	3,28
	SÇ	Kontrol	57,21	2,33	57,21	2,33
		144 saat	53,68	1,57	57,77	1,22
		288 saat	52,42	1,55	58,55	2,92
		432 saat	53,11	1,08	57,19	1,23
		576 saat	53,90	1,54	56,87	1,93
	AK	Kontrol	51,11	3,20	51,11	3,20
		144 saat	49,21	1,78	55,60	4,16
		288 saat	37,81	2,07	50,62	3,53
		432 saat	41,35	4,67	47,81	4,18
		576 saat	49,07	5,32	57,42	4,26
	PU	Kontrol	45,34	2,88	49,08	5,05
		144 saat	41,87	2,14	52,02	3,41
		288 saat	37,48	2,77	37,85	3,60
		432 saat	41,70	3,53	49,21	2,00
		576 saat	34,38	2,26	42,48	4,39
212°C - 2 saat	ST	Kontrol	47,14	2,14	31,09	1,95
		144 saat	42,12	1,91	31,09	1,95
		288 saat	52,16	1,24	41,49	2,31
		432 saat	53,33	1,05	35,76	2,95
		576 saat	48,85	1,82	45,99	11,07
	SÇ	Kontrol	43,35	1,07	30,84	2,14
		144 saat	43,24	2,97	31,42	2,98
		288 saat	40,98	2,53	36,22	1,99
		432 saat	50,65	0,86	34,28	3,09
		576 saat	50,84	1,90	42,27	1,63
	AK	Kontrol	41,94	1,33	27,43	3,48
		144 saat	35,90	1,44	27,51	2,54
		288 saat	34,45	1,65	28,04	2,29
		432 saat	30,19	1,08	30,28	3,77
		576 saat	38,86	7,82	43,44	14,47
	PU	Kontrol	27,66	1,56	21,24	0,30
		144 saat	30,69	2,10	21,73	0,44
		288 saat	27,11	1,44	22,07	0,94
		432 saat	28,42	1,75	22,09	0,30
		576 saat	25,77	1,24	22,53	0,71

X: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma, A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu.

Toplam renk farkı değerleri için ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyoduna göre farklı değerler elde edilmiştir (Çizelge 3.47). Bu farklılığın hangi faktörden

kaynaklandığını ortaya çıkarmak amacıyla Çoklu Varyans Analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 3.48’de verilmiştir.

Çizelge 3.48. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun toplam renk değişim değerine (ΔE^*) ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalama	F değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç Türü (A)	6026,24	1	6026,24	673,12	0,000*
Isıt işlem (B)	192264,13	2	96132,06	10737,83	0,000*
Vernik çeşidi (C)	20019,84	3	6673,28	745,40	0,000*
Yaşlandırma (D)	85,42	4	21,35	2,39	0,050*
Etkileşim (AD)	33576,04	2	16788,02	1875,20	0,000*
Etkileşim (AC)	576,53	3	192,18	21,47	0,000*
Etkileşim (AB)	9137,71	6	1522,95	170,11	0,000*
Etkileşim (BC)	1243,99	4	311,00	34,74	0,000*
Etkileşim (BD)	4297,80	8	537,23	60,01	0,000*
Etkileşim (CD)	5949,05	12	495,75	55,38	0,000*
Etkileşim (ABC)	1095,80	6	182,63	20,40	0,000*
Etkileşim (ABD)	837,00	8	104,63	11,69	0,000*
Etkileşim (ACD)	939,85	12	78,32	8,75	0,000*
Etkileşim (BCD)	2069,29	24	86,22	9,63	0,000*
Etkileşim (ABCD)	1930,42	24	80,43	8,98	0,000*
Hata	9668,87	1080	8,95		
Toplam	3365951,29	1200			

*: Anlamlı ($\alpha=0,05$ 'e göre), **ns: Önemsiz

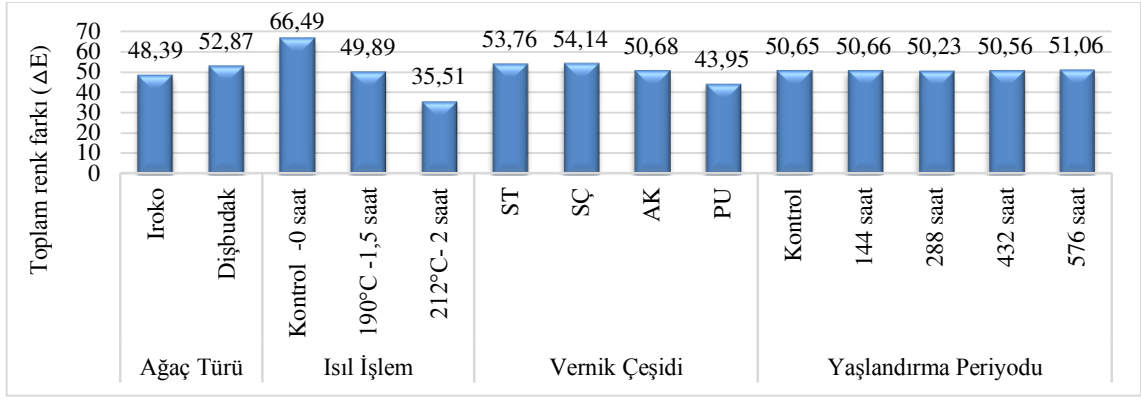
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin tüm etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$)(Çizelge 3.48).

Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.49’da, buna ait grafik Şekil 3.37’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.49. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör	$\bar{X}$	HG
Ağaç Türü	Iroko	B
	Dişbudak	A*
Isıt İşlem	Kontrol	A*
	190°C- 1,5 saat	B
	212°C - 2 saat	C
Vernik Çeşidi	ST	A*
	SÇ	A*
	AK	B
	PU	C
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	AB
	144 saat	AB
	288 saat	B
	432 saat	AB
	576 saat	A*

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek toplam renk değişim değerini (ΔE^*) ifade etmektedir.



Şekil 3.37. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü faktörü düzeyinde, ΔE^* değeri dişbudakta (52,87), irokoda (48,39) tespit edilmiştir (Çizelge 3.49). Kontrol örnekleri kıyaslandığında dişbudak odunu sarımsı beyaz renkte olduğundan iroko örneklerinden daha açık renkte (L^* değeri yüksek) ve koyulaşma potansiyeli daha yüksek olduğundan renk değişim değeri daha yüksek olduğu söylenebilir. Açık renk tonuna sahip odunların ΔE^* değeri daha yüksek düzeylerde olduğu düşünülmektedir.

Isıl işlem düzeyinde, en yüksek kontrol örneklerinde (66,49) ve en düşük, 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş örneklerde (35,51) elde edilmiştir. Literatürde, [74]'e göre ısıtma işlemi düzeyinde, ΔE^* değeri en yüksek 190°C – 2 saatte (49,87), en düşük 212°C - 2 saatte (37,43) elde edildiğini ve ısıtma işleminin başlangıcındaki değere göre sıcaklık ve sürenin artmasıyla ΔE^* değerinin düştüğünü bildirilmiştir. [86]'ya göre yabani kiraz odununa ait toplam renk farklılığı (ΔE^*), ısıtma işlemi sıcaklığı ve süresinin artışına bağlı olarak başlangıçta açık olan rengin gittikçe koyulaştığını ve 212°C sıcaklık 1 saat ve 212°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlemi görmüş varyasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu bildirilmiştir. Literatürde yer alan farklı çalışmalarda, [142], [143], [144] benzer sonuçları ifade edilmiştir. [145] ve [146]'ya göre ısıtma işlemi süreci sonunda ΔE^* değerindeki değişimden daha çok L^* değerindeki azalmanın sorumlu olduğu bildirilmiştir. [147]'nin yaptığı çalışmada ısıtma işlemi uygulamasından dolayı veya doğal yaşlanma sürecindeki oluşan oksidasyonun odunda meydana getirdiği renk değişimlerinin tahmin edilmesinde kinetik analiz yönteminin kullanılabildiği bildirilmiştir. [148]'e göre bir odun örneğinde 921 yılda meydana gelen renk değişimi (ΔE^*), 180°C'de yaklaşık 6-7 saat ısıtmaya (yapay yaşlanma) neredeyse eş değer olduğunu ve ağaç malzemesindeki yaşlanmadan dolayı meydana gelen renk değişiminin ağacın kesilmesi ve işlenmesi sürecinde başladığını bildirmiştir. [149]'a göre odunda ısıtma işlemi sonrası renk değişiminin hemiselülozun

hidrolizinden kaynaklandığı bildirilmiştir. [99]'a göre odunun ısıtılması sonunda renk değişiminin yüksek sıcaklıklarda ve uzun muamele periyotlarında daha fazla koyulaşma eğiliminde olduğu bildirilmiştir. [150]'ye göre pavlonya odununun farklı sıcaklık ve süre varyasyonlarında ısıtılma tabii tutulmasıyla en yüksek L^* değeri 3 saat 160°C 'de elde edilirken, en düşük L^* değeri 7 saat 200°C 'deki sıcaklık varyasyonunda elde edilirken ortalama L^* değeri değişimi %10-40 arasında gerçekleştiğini bildirmiştir. [151]'e göre odunun ısıtılmasının fenol içeriğini, stabil fenoksilsiz radikallerin ve antioksidan aktivitelerinin konsantrasyonlarını arttırdığı bildirilmiştir. Odunun ısıtılma ile modifiye edilerek değiştirilen renk ile radikaller arasında bir korelasyon gözlemlendiği bildirilmiştir. [152]'ye göre ısıtılma uygulanan odunun içeriğindeki neme bağlı olarak renginde değişiklik meydana geldiği tespit edilmiştir. Çam odununda 70°C 'i aşan sıcaklıklarda renk değişimi oluştuğunu bildirmiştir. [152] ve [153]'e göre ısıtılma ile meydana gelen odundaki renk değişimini hemiselüloz ve içeriğindeki düşük kütleli karbonhidratlardan kaynaklandığını bildirmiştir. Literatürdeki bilgiler ile sonuçlar uyumludur.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde ΔE^* değeri en yüksek SÇ vernikte (54,14), en düşük PU vernikte elde (43,95) edilmiştir (Çizelge 3.49). Vernik çeşitlerine ait ΔE^* değerleri SÇ vernikte (54,14), ST vernik (53,76), AK vernik (50,68) ve PU vernik (43,95) ortaya çıkmıştır. Vernik çeşidi faktörü düzeyinde ΔE değeri, en yüksek SÇ vernik (54,14) ve ST vernikte (53,76), en düşük PU vernikte (43,95) elde edilmiştir. Ayrıca vernikler ile ilgili Çizelge 3.49 incelendiğinde ST ve SÇ vernikleri aynı homojenlik gruplarında, AK ve PU vernikleri ise bunlarla ve birbirleriyle farklı homojenlik gruplarında yer almaktadır. Dolayısıyla verniklerin ΔE^* değeri üzerine etkileri düşünüldüğünde 4 farklı vernik üç ayrı homojenlik grubu oluşturmaktadır. Su bazlı vernikler arasında istatistiksel olarak %95 güven aralığında bir fark bulunmamıştır. Literatürde, [74]'e göre, ST ve SÇ vernikler düzeyinde ΔE^* değeri en yüksek SÇ vernikte (43,02), en düşük ST vernikte (42,37) elde edilirken her iki vernik arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir fark olduğu bildirilmiştir. [14]'e göre ısıtılma görmemiş olan örneklerde ortalama ΔE^* değerleri ağaç türünde en yüksek, sarıçam odununda (19,37) tespit edilirken; bunu sırasıyla iroko (17,41) ve kestane (8,62) odunu takip etmiştir. [82]'ye göre iroko bünyesindeki tanenin su çözücülüğü verniklerle etkileşime girerek, ağaç malzemenin renginde koyulaşmaya sebep olabileceğini bildirmiştir. 1000 saat UVA yaşlandırma sonrası en yüksek ΔE^* değeri sırasıyla sentetik, su bazlı ve PU vernikte elde edilmiştir [176].

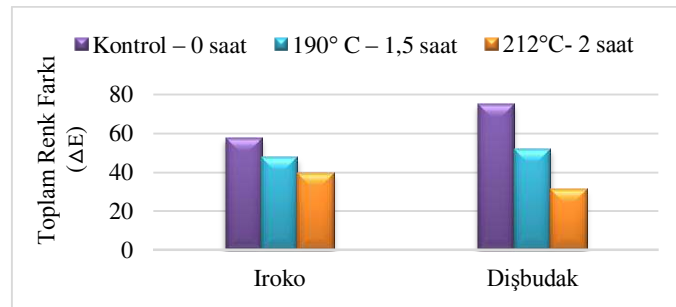
Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde ΔE^* değeri, UVB-313 tipi lamba ile 0-576 saatlik yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde en yüksek değer, 576 saatlik yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (51,06), en düşük 288 saat yaşlandırılmış örneklerde (50,23) elde edilmiştir (Çizelge 3.49). Literatürde, [74]'e göre, UV-A tipi lamba ile yaşlandırılan örneklerde ΔE^* değeri en yüksek 432 (44,62), en düşük kontrol örneklerinde (39,77) tespit edildiğini ve yaşlandırma periyodunda süre arttıkça ΔE^* değerinin arttığı bildirilmiştir. [149]'un çalışmasında harici yaşlandırma etkileri altında odunda rengin çok hızlı bir şekilde değiştiğini, genellikle odundaki renk değişikliklerinin odun ekstraktifleri ve ligninin kimyasal bozunmasından dolayı sarı ve kahverengi tonlarında olduğunu bildirmişlerdir. [154]'e göre, beyaz ladin odunu 2000 saat ksenon lamba ile yaşlandırılmasında, ΔE^* değeri kontrol örneğinde (24,7), 96- 432 saat (52,88) arasında anlamlı bir değişiklik olmazken, 936 saat yaşlanmada belirli bir miktar artıştan (48,75) sonra 2000 saat yaşlandırma sonunda (40,52) kadar azaldığı bildirilmiştir

Ağaç türü - ısıt işlem faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.50'de, buna ait grafik Şekil 3.39'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.50. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AB	Kontrol		190° C – 1,5 saat		212° C – 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	57,71	B	47,78	D	39,68	E
Dişbudak	75,27	A*	52,00	C	31,34	F

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek (ΔE^*) değerini ifade etmektedir. **A**: Ağaç türü, **B**: Isıt işlem.



Şekil 3.38. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait toplam renk farkı (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

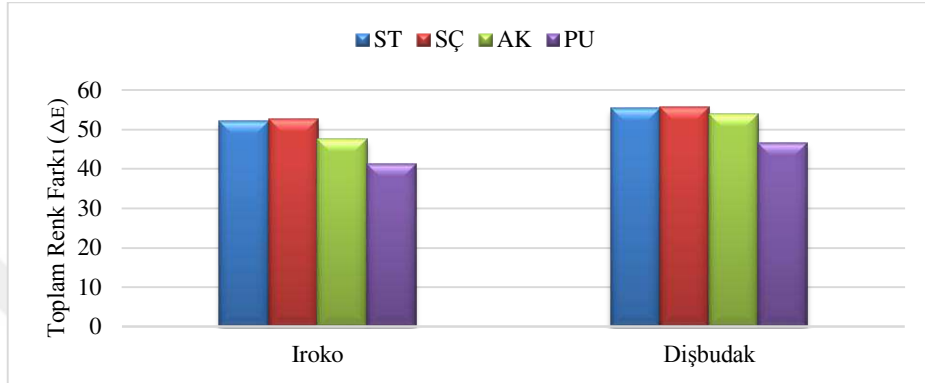
Ağaç türü - ısıt işlem (AB) etkileşimi düzeyinde ΔE^* değeri iroko için; en yüksek ısıt işlem uygulanmamış olan kontrol örneğinde (57,71), en düşük ise 212°C'de 2 saat ısıt işleme tabi tutulmuş olan örneklerde (39,68) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer kontrol örneğinde (75,27), en düşük değer ise 212°C'de 2 saat ısıt işlem görmüş olan örneklerde (31,34) elde edilmiştir (Çizelge 3.50).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.51’de, bunlara ait grafik Şekil 3.39’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.51. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	52,22	C	52,54	C	47,54	D	41,26	F
Dişbudak	55,29	A*	55,74	A*	53,82	B	46,64	E

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek toplam renk değişim değerini (ΔE^*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi.



Şekil 3.39. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

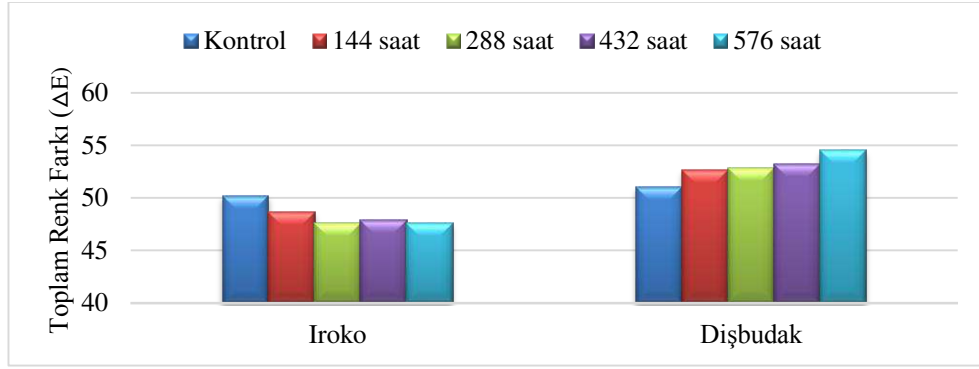
Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) etkileşimi düzeyinde ΔE^* değeri iroko için; en yüksek SÇ vernik uygulanan örneklerde (52,54), en düşük PU vernik uygulanan deney örneklerinde (41,26) elde edilmiştir. Dişbudakta en yüksek SÇ vernik uygulanan örneklerde (55,74), en düşük PU vernik uygulanmış örneklerde (46,64) elde edilmiştir (Çizelge 3.51).

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.52’de, buna ait grafik Şekil 3.40’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.52. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	50,22	D	48,66	E	47,60	F	47,85	F	47,62	F
Dişbudak	51,07	C	52,66	B	52,86	B	53,26	B	54,51	A*

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek toplam renk değişim değerini (ΔE^*) ifade etmektedir. A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma periyodu.



Şekil 3.41. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

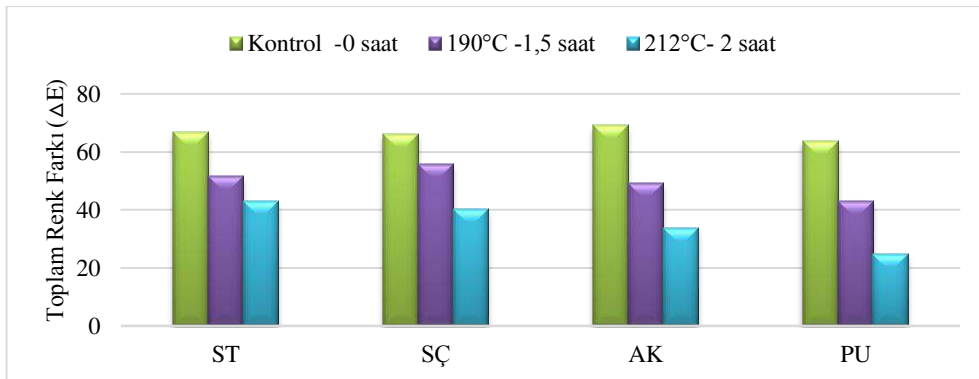
Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) etkileşimi düzeyinde ΔE^* değeri iroko için; en yüksek kontrol örneklerinde (50,22), en düşük 576 saat hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (47,62) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (54,51) en düşük yaşlandırılmamış olan kontrol örneklerinde (51,07) elde edilmiştir (Çizelge 3.52).

Isıl işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.53'de, buna ait grafik Şekil 3.42'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.53. Isıl işlem - vernik çeşidi ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	66,84	B	66,22	B	69,12	A*	63,78	C
190°C -1,5 saat	51,52	E	55,79	D	49,11	F	43,14	G
212°C - 2 saat	42,90	G	40,41	H	33,80	I	24,93	J

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek toplam renk değişim değerini (ΔE^*) ifade etmektedir. B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.42. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktörü etkileşimi düzeyinde, ΔE^* değeri en yüksek ısı işlem görmemiş olan ve yüzeylerine AK vernik uygulanan kontrol örneklerinde (69,12),

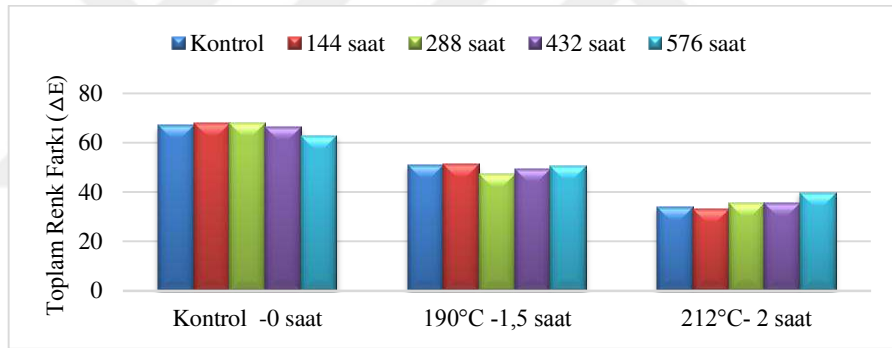
en düşük değer ise 212 C’de 2 saat ısıt işlem görmüş ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış örneklerde (24,93) elde edilmiştir (Çizelge 3.53). Şekil 3.42’ye göre tüm vernik çeşitlerinde ΔE^* değeri kontrol gruplarında en yüksek ve 212C’de 2 saat varyasyonunda düşük değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Isıt işlem süresi ve sıcaklığının artışı ΔE^* değerini, azaltıcı bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Isıt işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.54’de, bunlara ait grafik Şekil 3.43’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.54. Isıt işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	67,07	BA	67,90	A*	67,99	A*	66,57	B	62,93	C
190° C – 1,5 saat	51,04	D	51,12	D	47,38	F	49,48	E	50,45	D
212° C – 2 saat	33,84	I	32,96	I	35,32	H	35,62	H	39,82	G

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ΔE^* değerini ifade etmektedir **B**: Isıt İşlem, **D**: Yaşlandırma Periyodu.



Şekil 3.43. Isıt işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

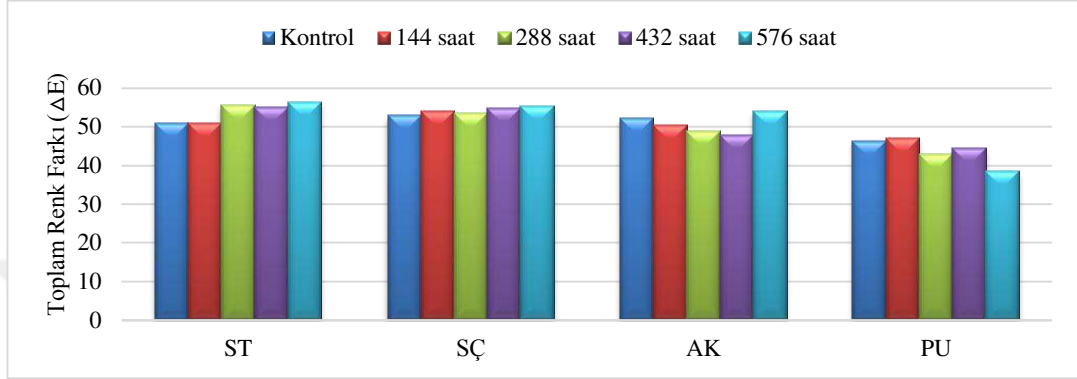
Isıt işlem - yaşlandırma periyodu (BD) etkileşimi düzeyinde ΔE^* değeri en yüksek 288 saat UV yaşlandırma görmüş kontrol örneklerde (67,99), en düşük 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş örneklerin 144 saat yaşlandırılmış örneklerinde (32,96) elde edilmiştir (Çizelge 3.54).

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.55’de, bunlara ait grafik Şekil 3.44’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.55. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	50,92	H	51,01	H	55,52	BA	54,93	CBA	56,41	A*
SÇ	52,98	GF	54,09	FEDC	53,62	FE	54,75	EDC	55,26	CB
AK	52,28	G	50,42	H	48,80	I	47,93	JI	53,96	FED
PU	46,42	H	47,11	KJ	42,97	M	44,61	L	38,63	N

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek (ΔE^*) değerini ifade etmektedir. C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu.



Şekil 3.44. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

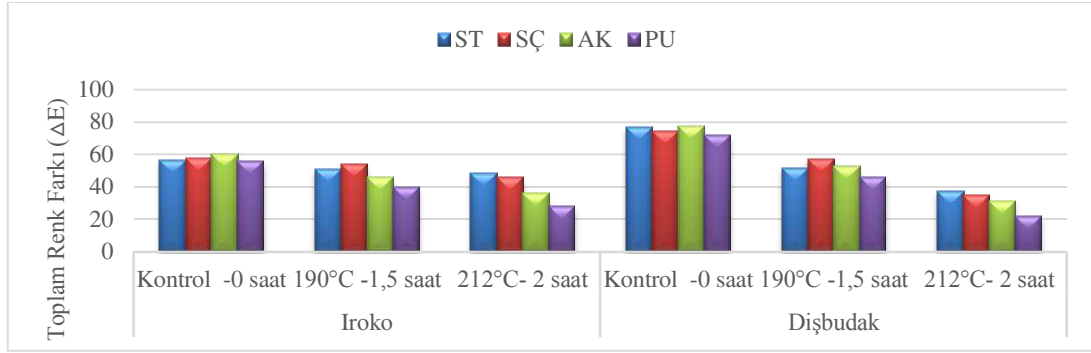
Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) etkileşimi düzeyinde ΔE^* değeri en yüksek yüzeylerine ST vernik uygulanan ve 576 saat UV ile yaşlandırılan örneklerde (56,41), en düşük değer ise yüzeylerine PU vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılan örneklerde (38,63) elde edilmiştir (Çizelge 3.55).

Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.56'da, bunlara ait grafik Şekil 3.45'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.56. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC		ST		SÇ		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	56,74	FE	57,76	E	60,63	D	55,69	F
	190°C – 1,5 saat	51,20	I	54,06	G	45,71	K	40,15	L
	212°C – 2 saat	48,72	J	45,81	K	36,27	M	27,93	P
Dişbudak	Kontrol	76,95	A*	74,69	B	77,60	A*	71,86	C
	190°C – 1,5 saat	51,84	IH	57,52	E	52,51	H	46,13	K
	212°C – 2 saat	37,09	M	35,01	N	31,34	O	21,93	R

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek toplam renk değişim değerini (ΔE^*) ifade etmektedir. A: Ağaç Türü, B: Isıt İşlem, C: Vernik Çeşidi.



Şekil 3.45. Ağaç türü, ısıtma işlemi ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

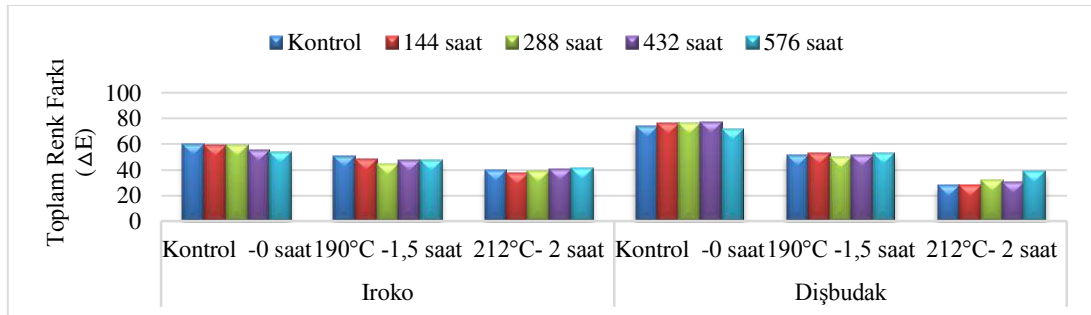
Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi faktörü (ABC) etkileşim düzeyinde, ΔE^* değeri en yüksek; iroko için yüzeylerine AK vernik uygulanan kontrol grubu örneklerinde (60,63), en düşük değer ise 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanmış örneklerde (27,93) elde edilmiştir (Çizelge 3.56). Dişbudak için en yüksek, AK vernikli kontrol örneklerinde (77,60), en düşük değer ise 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş olan ve PU vernik uygulanan örneklerde (21,93) elde edilmiştir (Çizelge 3.56).

Ağaç türü - ısıtma işlemi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.57'de, bunlara ait grafik Şekil 3.46'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.57. Ağaç türü, ısıtma işlemi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	60,07	D	59,27	D	59,15	D	55,69	E	54,35	F
	190°C - 1,5 saat	50,57	HG	48,74	I	44,97	K	47,22	J	47,42	J
	212°C - 2 saat	40,03	L	37,98	M	38,67	M	40,65	L	41,08	L
Dişbudak	Kontrol	74,06	B	76,53	A*	76,83	A*	77,4	A*	71,51	C
	190°C - 1,5 saat	51,51	G	53,50	F	49,80	IH	51,73	G	53,47	F
	212°C - 2 saat	27,65	P	27,94	P	31,96	N	30,60	O	38,56	M

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek (ΔE^*) değerini ifade etmektedir. *A: Ağaç türü, B: Isıtma işlemi, D: Yaşlandırma periyodu.



Şekil 3.46. Ağaç türü, ısıtma işlemi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

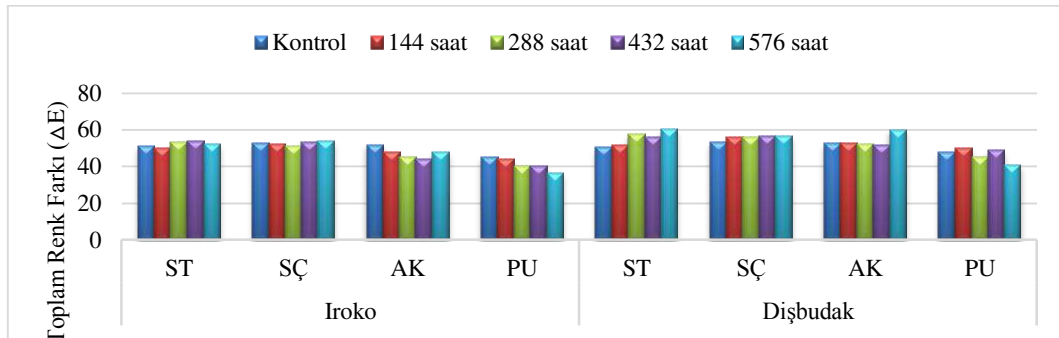
Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktörü etkileşim düzeyinde, ΔE^* değeri en yüksek, iroko için ısıt işlemsiz örneklerin yaşlandırılmamış kontrol grubunda (60,07), en düşük değer ise 212 °C’de 2 saat ısıt işlem görmüş ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (37,98) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, ısıt işlemsiz olan kontrol grubunun 432 saat yaşlandırılmış örneklerinde (77,40), en düşük ise 212 °C’de 2 saat ısıt işlem görmüş olan deney örneklerinin yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (27,65) elde edilmiştir (Çizelge 3.57).

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.58’de, bunlara ait grafik Şekil 3.47’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.58. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	51,32	J-F	50,16	KJ	53,42	ED	54,05	D	52,23	H-E
	SÇ	52,54	GFE	52,37	H-E	51,03	J-G	53,19	FED	53,84	D
	AK	51,95	I-E	48,21	L	45,44	M	44,10	M	48,05	L
	PU	45,12	M	44,02	M	40,51	N	40,21	N	36,46	O
Dişbudak	ST	50,50	K-H	51,93	J-E	57,62	B	55,97	C	60,61	A*
	SÇ	53,46	ED	55,94	C	56,26	CB	56,43	CB	56,74	CB
	AK	52,63	GFE	52,63	GFE	52,28	H-E	51,72	J-E	59,96	A*
	PU	47,71	L	50,22	KJI	45,49	M	49,10	LK	40,92	N

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek (ΔE^*) değerini ifade etmektedir. *A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu.



Şekil 3.47. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü etkileşim düzeyinde, ΔE^* değeri, en yüksek iroko için yüzeyine ST vernikli 432 saat yaşlandırılmış örneklerde (54,05), en düşük yüzeyine PU vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (36,46) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, yüzeyine ST vernik uygulanan

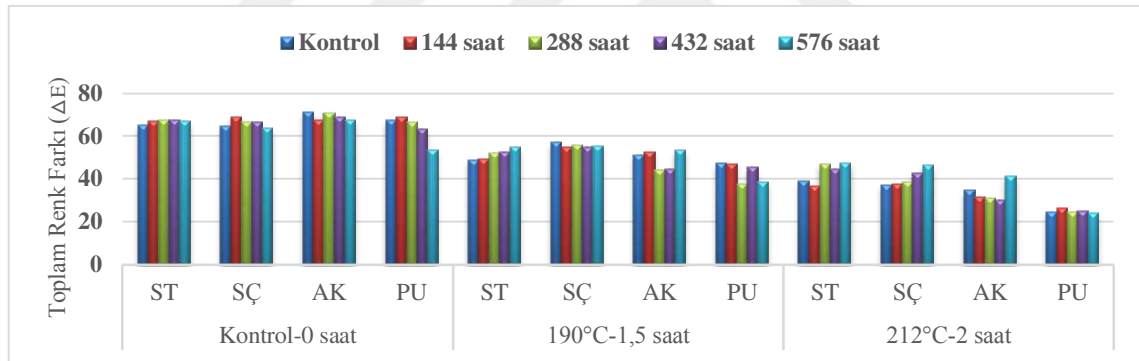
ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (60,61), en düşük ise yüzeyine PU vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (40,92) elde edilmiştir (Çizelge 3.58).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.59’da, bunlara ait grafik Şekil 3.48’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.59. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	65,01	IHG	67,04	G-C	67,58	F-C	67,52	F-C	67,08	G-C
	SÇ	64,63	IHG	69,23	CBA	66,78	G-D	66,64	H-E	63,83	IHG
	AK	71,03	A*	67,15	G-C	70,94	BA	68,99	DCB	67,49	F-C
	PU	67,59	F-C	68,70	EDC	66,28	HGF	63,12	IHG	53,31	NML
190°C 1,5 saat	ST	48,63	RQ	49,40	QP	52,16	N	52,71	NM	54,72	MLK
	SÇ	57,21	J	54,73	KJ	55,49	KJ	55,15	LKJ	55,39	KJ
	AK	51,11	PO	52,40	N	44,32	WU	44,58	UT	53,24	NML
	PU	47,21	SR	46,95	UTS	37,66	YV	45,46	UTS	38,43	YV
212°C 2 saat	ST	39,11	V	36,60	YV	46,82	SR	44,55	UT	47,42	SR
	SÇ	37,10	YV	37,33	YV	38,60	YV	42,46	XW	46,56	TSR
	AK	34,68	Z	31,70	a	31,25	a	30,23	a	41,15	X
	PU	24,45	b	26,21	b	24,59	b	25,26	b	24,15	b

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek (ΔE^*) değerini ifade etmektedir. B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu.



Şekil 3.48. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait toplam renk farkı (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

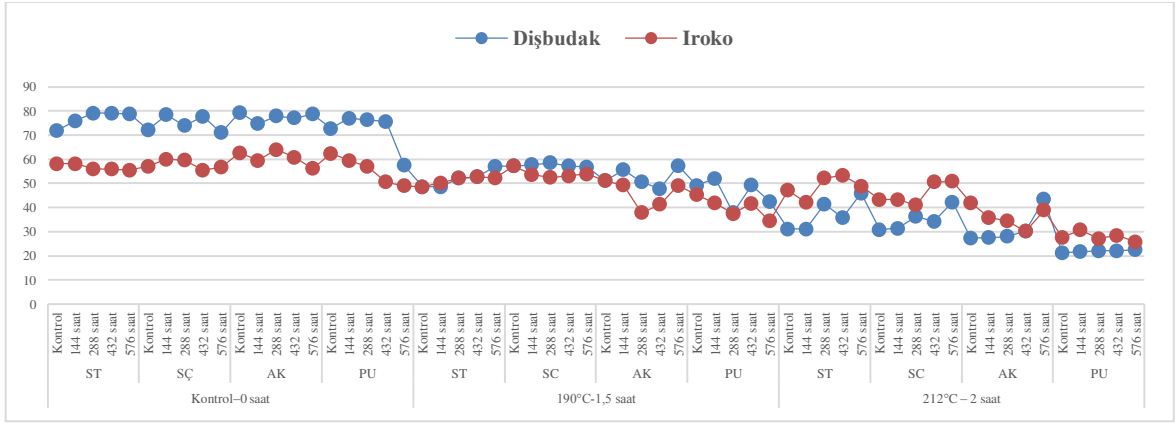
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü etkileşimi düzeyinde ΔE^* değeri için en yüksek, kontrol üzerine uygulanan AK verniğin yaşlandırılmamış örneklerinde (71,03) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıl işlem gören ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (24,15) elde edilmiştir (Çizelge 3.59).

Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan dördümlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.60’da, bunlara ait grafik Şekil 3.49’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.60. Ağaç türü, ısı işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait toplam renk değişim değeri (ΔE^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör (ABCD) / Ağaç türü(A)			Iroko		Dişbudak	
Isıl işlem (B)	Vernik çeşidi (C)	Yaşlandırma periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	HG	Ortalama ($\bar{X}$)	HG
Kontrol	ST	Kontrol	58,14	M-J	71,88	GF
		144 saat	58,14	M-J	75,93	D-B
		288 saat	56,03	P-M	79,13	A*
		432 saat	55,94	P-M	79,10	A*
		576 saat	55,46	R-M	78,71	BA
	SÇ	Kontrol	57,03	N-K	72,24	GF
		144 saat	59,99	KJI	78,47	BA
		288 saat	59,65	L-I	73,91	F-E
		432 saat	55,44	R-M	77,84	BA
		576 saat	56,68	O-L	70,99	F
	AK	Kontrol	62,69	HG	79,37*	A*
		144 saat	59,49	LKJ	74,80	E-C
		288 saat	63,94*	G	77,94	BA
		432 saat	60,84	JI	77,13	CBA
		576 saat	56,20	P-M	78,78	BA
	PU	Kontrol	62,44	IHG	72,75	GF
		144 saat	59,44	LKJ	76,94	CBA
		288 saat	56,97	N-K	76,36	D-A
		432 saat	50,56	Z-T	75,69	DCB
		576 saat	49,06	b-W	57,55	MLK
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	48,63	bZX	48,63	bZX
		144 saat	50,18	a-U	48,63	bZX
		288 saat	52,16	W-S	52,16	W-R
		432 saat	52,71	U-P	52,71	U-P
		576 saat	52,34	V-Q	57,10	MLK
	SÇ	Kontrol	57,21	MLK	57,21	MLK
		144 saat	53,68	T-N	57,77	M-J
		288 saat	52,42	V-Q	58,55	MLKJ
		432 saat	53,11	U-O	57,19	MLK
		576 saat	53,90	S-M	56,87	N-K
	AK	Kontrol	51,11	X-S	51,11	X-S
		144 saat	49,21	a-V	55,60	Q-M
		288 saat	37,81	ih	50,62	Z-T
		432 saat	41,35	gf	47,81	c-Z
		576 saat	49,07	b-W	57,42	MLK
	PU	Kontrol	45,34	edc	49,08	b-W
		144 saat	41,87	f	52,02	Y-S
		288 saat	37,48	ih	37,85	ih
		432 saat	41,70	gf	49,21	a-V
		576 saat	34,38	j	42,48	fe
212°C-2 saat	ST	Kontrol	47,14	cba	31,09	lk
		144 saat	42,12	f	31,09	lk
		288 saat	52,16	W-S	41,49	gf
		432 saat	53,33	U-O	35,76	ji
		576 saat	48,85	bZXY	45,99	dcb
	SÇ	Kontrol	43,35	fed	30,84	lk
		144 saat	43,24	fed	31,42	k
		288 saat	40,98	gf	36,22	jih
		432 saat	50,65	Z-T	34,28	j
		576 saat	50,84	Z-S	42,27	f
	AK	Kontrol	41,94	f	27,43	nm
		144 saat	35,90	jih	27,51	nm
		288 saat	34,45	j	28,04	nml
		432 saat	30,19	mlk	30,28	mlk
		576 saat	38,86	hg	43,44	fed
	PU	Kontrol	27,66	nm	21,24**	o
		144 saat	30,69	lk	21,73	o
		288 saat	27,11	n	22,07	o
		432 saat	28,42	n-k	22,09	o
		576 saat	25,77**	n	22,53	o

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, *HG*: Homojenlik grubu, *: En yüksek toplam renk değişim değerini (ΔE^*) ifade etmektedir.



Şekil 3.49. Ağaç türü, ısı işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait toplam renk değişim (ΔE^*) değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü etkileşim düzeyinde ΔE^* değeri en yüksek, dişbudak örneğine ait ısı işlemsiz kontrol grubunun yüzeylerine AK vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış örneklerinde (79,37) elde edilmiştir. En düşük değer ise dişbudak örneğine ait 212°C’de 2 saat süreyle ısı işlem görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulandıktan sonra yaşlandırılmamış kontrol örneğinde (21,24) elde edilmiştir (Çizelge 3.60).

Ayrıca iroko için ΔE^* değeri; en yüksek ısı işlemsiz kontrol grubunda yüzeylerine AK vernik uygulanmış ve 288 saat yaşlandırılmış (63,94) örneklerde elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat süreyle ısı işlem görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulandıktan sonra 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde (25,77) elde edilmiştir.

3.4. PARLAKLIK ÖLÇÜMLERİ

3.4.1. Liflere Paralel Yönde Parlaklık (60°) Ölçüm Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısı işlem gören iroko ve dişbudak deney malzemeleri, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra UVB-313 tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Yaşlandırılmış deney örnekleri yüzeylerinden elde edilen liflere paralel (//) yönde parlaklık (GU) ortalama değerleri ve bu değerlere ait standart sapma değerleri Çizelge 3.61’de verilmiştir.

Çizelge 3.61. Liflere paralel parlaklık ölçümlerine ait değerler.

Faktör (ABCD) / Ağaç Türü (A)			Iroko		Dişbudak	
Isıl işlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma(Ss)	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma(Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	122,70	11,49	112,60	2,17
		144 saat	116,70	6,77	103,70	12,85
		288 saat	110,10	5,32	56,90	3,14
		432 saat	66,80	4,32	56,00	7,79
		576 saat	68,90	4,28	52,70	4,99
	SÇ	Kontrol	95,50	3,78	97,40	5,04
		144 saat	72,60	2,37	75,20	3,88
		288 saat	70,40	2,32	68,00	8,08
		432 saat	68,00	3,02	64,30	5,48
		576 saat	68,60	5,38	63,20	8,61
	AK	Kontrol	154,00	2,11	162,60*	1,35
		144 saat	97,30	4,40	105,50	1,84
		288 saat	81,60	3,31	86,00	2,67
		432 saat	85,80	1,32	82,90	2,51
		576 saat	85,60	1,58	78,30	3,68
	PU	Kontrol	93,90	5,04	92,20	9,56
		144 saat	91,10	8,45	88,90	7,75
		288 saat	96,80	1,62	96,60	2,63
		432 saat	84,70	3,74	86,20	6,09
		576 saat	84,70	10,02	81,90	9,59
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	123,30	3,86	119,50	3,41
		144 saat	107,20	8,51	123,20	5,35
		288 saat	59,50	6,49	69,40	3,20
		432 saat	64,90	4,58	66,40	9,30
		576 saat	63,10	5,34	66,60	6,85
	SÇ	Kontrol	101,60	4,17	100,10	3,00
		144 saat	69,10	2,64	75,50	2,12
		288 saat	73,10	3,00	76,00	4,27
		432 saat	67,50	7,34	74,30	5,23
		576 saat	65,00	5,85	66,60	6,85
	AK	Kontrol	159,10*	2,08	153,20	2,44
		144 saat	103,60	1,35	99,40	5,46
		288 saat	81,50	2,64	79,40	5,46
		432 saat	83,20	2,10	75,40	5,64
		576 saat	55,60	6,64	45,30	19,84
	PU	Kontrol	91,70	4,03	88,80	4,92
		144 saat	92,10	4,91	92,70	3,86
		288 saat	95,40	2,84	96,70	1,16
		432 saat	93,80	4,13	93,10	5,22
		576 saat	84,00	11,50	89,80	8,18
212°C – 2 saat	ST	Kontrol	107,60	34,14	115,00	5,23
		144 saat	123,20	12,10	113,60	7,31
		288 saat	69,50	2,88	63,50	7,96
		432 saat	67,40	2,32	65,40	6,82
		576 saat	60,40	5,54	57,60	6,98
	SÇ	Kontrol	102,50	3,10	95,80	5,12
		144 saat	62,20	4,64	70,60	4,93
		288 saat	66,80	4,54	61,40	7,34
		432 saat	65,60	3,89	62,10	10,93
		576 saat	68,90	3,90	77,40	6,54
	AK	Kontrol	155,50	2,99	158,30	3,06
		144 saat	98,30	3,77	101,70	3,40
		288 saat	82,60	1,58	83,00	2,94
		432 saat	77,00	3,62	77,70	3,34
		576 saat	43,90	12,69	46,30	14,80
	PU	Kontrol	102,80	2,66	98,00	0,82
		144 saat	93,80	4,66	97,00	1,63
		288 saat	96,40	2,27	95,90	2,13
		432 saat	95,40	2,46	94,90	4,73
		576 saat	87,50	9,84	93,90	3,00

X: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma, A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu,

Çizelge 3.61'e göre liflere paralel (//) parlaklık değerleri için ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu faktörüne göre farklı değerler elde edilmiştir.

Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını ortaya çıkarmak amacıyla Çoklu Varyans Analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 3.62’de verilmiştir.

Çizelge 3.62. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun liflere paralel parlaklık değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç Türü (A)	613,47	1	613,47	13,61	0,000*
Isıl işlem (B)	627,182	2	313,59	6,96	0,001*
Vernik çeşidi (C)	77548,02	3	25849,34	573,52	0,000*
Yaşlandırma (D)	348086	4	87021,51	1930,75	0,000*
Etkileşim (AB)	2200,965	2	1100,48	24,42	0,000*
Etkileşim (AC)	2108,297	3	702,77	15,59	0,000*
Etkileşim (AD)	1051,222	4	262,81	5,83	0,000*
Etkileşim (BC)	7550,658	6	1258,44	27,92	0,000*
Etkileşim (BD)	3284,76	8	410,60	9,11	0,000*
Etkileşim (CD)	213651,5	12	17804,29	395,03	0,000*
Etkileşim (ABC)	8158,288	6	1359,72	30,17	0,000*
Etkileşim (ABD)	2407,843	8	300,98	6,68	0,000*
Etkileşim (ACD)	2687,045	12	223,92	4,97	0,000*
Etkileşim (BCD)	18020,77	24	750,87	16,66	0,000*
Etkileşim (ABCD)	6050,87	24	252,12	5,59	0,000*
Hata	48677	1080	45,07		
Toplam	9876054	1200			

*: Anlamlı ($\alpha=0,05$ ’e göre), **ns: Önemsiz

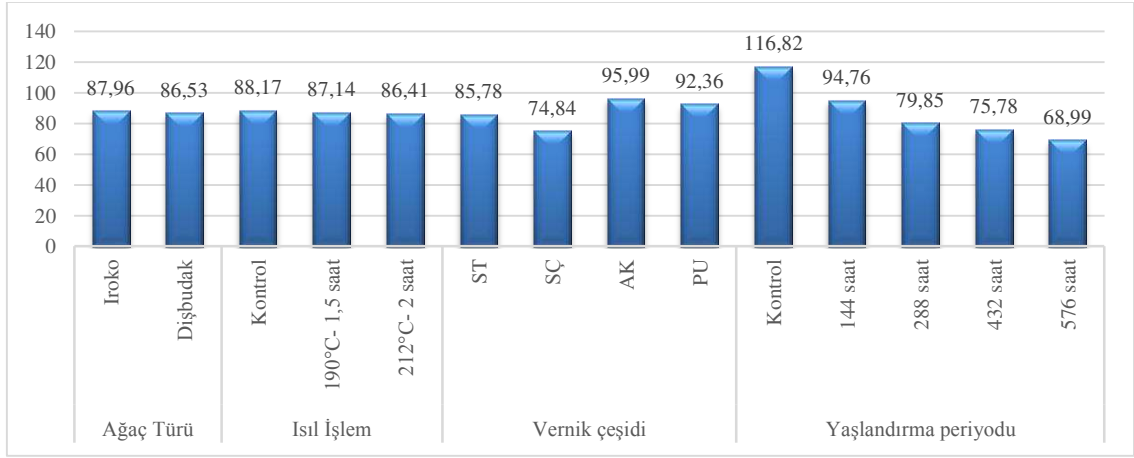
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır (Çizelge 3. 62).

Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan homojenlik gruplarını belirlemek için yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.63’de, bunlara ait grafik Şekil 3.50’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.63. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait liflere paralel parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG
Ağaç Türü	Iroko	87,96	A*
	Dişbudak	86,53	B
Isıl İşlem	Kontrol	88,17	A*
	190°C- 1,5 saat	87,14	B
	212°C- 2 saat	86,41	B
Vernik Çeşidi	ST	85,78	C
	SÇ	74,84	D
	AK	95,99	A*
	PU	92,36	B
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	116,82	A*
	144 saat	94,76	B
	288 saat	79,85	C
	432 saat	75,78	D
	576 saat	68,99	E

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu*: En yüksek liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir.



Şekil 3.50. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun ortalama liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

Şekil 3.50’de görüldüğü üzere liflere paralel parlaklık değerinin UVB-313 tipi lamba ile yaşlandırma süresinin artmasıyla azalma eğiliminde olduğu ortaya çıkmıştır.

Ağaç türü faktörü düzeyinde liflere paralel parlaklık değeri ırokoda (87,96), dişbudakta (86,53) tespit edilmiştir (Çizelge 3.63). Egzotik bir tür olan ıroko yetiştiği coğrafya ve iklim koşullarına bağlı olarak oluşan anatomik yapısından kaynaklı farklılıktan dolayı parlaklık değerinin daha yüksek çıktığı düşünülmektedir.

Isıl işlem düzeyinde, en yüksek kontrol örneklerinde (88,17) ve en düşük, 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş örneklerde (86,41) elde edilmiştir. Ayrıca istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde 190°C-1,5 saat ve 212°C 2 saat ısıt işlem gören örnekler Duncan testi sonuçlarına göre aynı homojenlik grubunda yer aldıkları belirlenmiştir (Çizelge 3.63). Dolayısıyla 190°C-1,5 saat ve 212°C - 2 saatlik varyasyona tabi olan örneklerin liflere paralel parlaklık değerleri benzer olduğu söylenebilir. Literatürde, [86]’ya göre ThermoWood yöntemi ile ısıt işlem uygulanmış verniksiz olan yabani kiraz odununda yüksek sıcaklık ve sürenin uzaması parlaklık değerinin azaldığı görülmektedir. Diğer taraftan liflere paralel yöndeki parlaklık değerlerinin liflere dik yöndeki parlaklık değerlerinden daha büyük olduğu bildirilmiştir. [159]’a göre dişbudak, kestane, limba ve ıroko türlerine uygulanan ısıt işlem sıcaklığı ve süreye bağlı olarak, poliüretan ve su bazlı verniklere ait katmanların parlaklık değerlerini azaldığını bildirmişlerdir. [155]’e göre, kontrol grubu ile karşılaştırılan 212°C’de 1,5 saat ve 2,5 saat ısıt işlem uygulamasının liflere paralel ve dik yöndeki parlaklık değerlerini azalttığını bildirilmiştir. Literatürde [156] ve [157]’ye göre, ısıt işlem uygulamasında sıcaklık derecesinin bazı ağaçların doğal parlaklık değerini olumsuz yönde etkilendiği ve ısıt işlem görmüş ağaç malzemede

sıcaklığa bağı olarak parlaklık değeriindeki azalmanın, glukoz, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimler neticesinde meydana geldiğini bildirmiştir. [100]'e göre yüksek sıcaklıklarda ısı işlemi ligninin bozunmasına sebep olduğunu ve bu durumların ağaç malzemenin parlaklık değeriinde olumsuz bir etkiye neden olduğunu ifade edilmiştir. Literatürde yapılan diğer çalışmalarda da, ısı işlem uygulamasının ahşap malzemenin parlaklık değerlerini azalttığı bildirilmiştir [158], [159], [160], [161], [162]. Literatürde yer alan bilgiler ile bu çalışmanın sonucu örtüşmektedir. Fakat bunların dışında literatürde [74]'e göre ısı işlem uygulamasında yüksek sıcaklığın parlaklık değerini artırıcı etkide bulunduğu bilgisi de yer almaktadır.

Ayrıca ağaç türü bakımından incelenirse iroko için; en yüksek 190°C'de 1,5 saat ısı işlem görmüş ve yüzeylerine AK vernik uygulanmış yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C'de 2 saat süreyle ısı işlem görmüş ve yüzeyine AK vernik uygulandıktan sonra 576 saat yaşlandırılmış iroko örneklerinde elde edilmiştir. Dişbudak için ise; en yüksek ısı işlemsiz kontrol örnekleri yüzeylerine AK vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C'de 2 saat süreyle ısı işlem görmüş ve yüzeyine AK vernik uygulandıktan sonra 576 saat yaşlandırılmış dişbudak deney örneklerinde elde edilmiştir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde liflere paralel parlaklık değeri; en yüksek AK vernikte (95,99), en düşük SÇ vernikte (74,84) elde edilmiştir (Çizelge 3.63). Deneylerde kullanılan ST, SÇ, AK, PU vernik türleri her biri farklı homojenlik grubunda yer alarak liflere paralel (//) parlaklık değerleri açısından birbirlerinden farklı özellik göstermelerinin nedeni vernik içeriğinde kullanılan bileşenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Literatürde AK verniğin daha parlak çıkması; [56]'ya göre akrilik vernik içeriğinde kullanılan reçinenin bir türü olan akriloid B-72'nin vinil reçineyle karışımı ile elde edilen viniliteden dolayı parlak katmanlar oluşturmaya bağlanmıştır. [14]'e göre, su çözücülü verniklerde kürlenmenin tam oluşmasına kadar parlaklıkta bir miktar azalma, tam kuru katman oluşumundan sonrada parlaklıkta artış olabileceği bildirilmiştir. [159]'a göre, farklı ağaç türlerine uygulanan ısı işlem süresi ve sıcaklığına bağı olarak selülozik, sentetik, su bazlı ve PU vernik türlerinin tamamında parlaklık değerinin azaldığı bildirilmiştir. [61]'e göre su bazlı verniklerin katı madde miktarlarını düşük olmasından dolayı ahşap yüzeyinde çok ince bir katman oluşturmaya buna karşın AK ve PU verniklerde elde edilen kalın ve optik özelliği yüksek katmanların su bazlı verniklerde sağlanamadığı bildirilmiştir. [141] çalışmasında su bazlı verniklerin

karşılaştırmasında parlaklık değeri en yüksek tek bileşenli vernikte, en düşük çift bileşenli vernikte elde edilmiştir. [59]'a göre su bazlı verniklerin solvent bazlı verniklere göre parlaklık değerlerinin daha düşük olduğunu bildirmiştir. Çalışmanın sonuçlarında vernik çeşidine göre parlaklık değerleri farklılaşmakta olup, bu sonuçlar literatürle de uyumludur. Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde en yüksek liflere paralel parlaklık değeri kontrol örneklerinde (116,8), en düşük 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (68,9) elde edilmiştir (Çizelge 3.63). Literatürde, [14]'e göre xenon arc lambası ile yapılan yaşlandırma etkisi ile liflere paralel parlaklık değeri en yüksek kontrol örneğinde; bunu sırasıyla 288 saat ve 144 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma periyodu izlediğini bildirmiştir. [82]'ye göre, ön işlem görmemiş deney numunelerinde UV-A 340 tipi lamba ile yapılan hızlandırılmış yaşlandırma işleminin, katman parlaklığını azalttığını bildirilmiştir. [74]'e göre parlaklık değeri en yüksek kontrol örneklerinde (86,1), en düşük 432 saatlik UV-A lamba ile yaşlandırılan örneklerde (82,9) elde edildiğini ve uzun süreli yaşlandırma işlemi su bazlı verniklerin parlaklık değerinde azaltıcı etkide bulunduğunu bildirmiştir. [141]'e göre parlaklık değeri en yüksek sıcak-soğuk testi yapılmamış (kontrol) örneklerinde, en düşük sıcak-soğuk testi yapılmış örneklerde tespit edilmiştir.

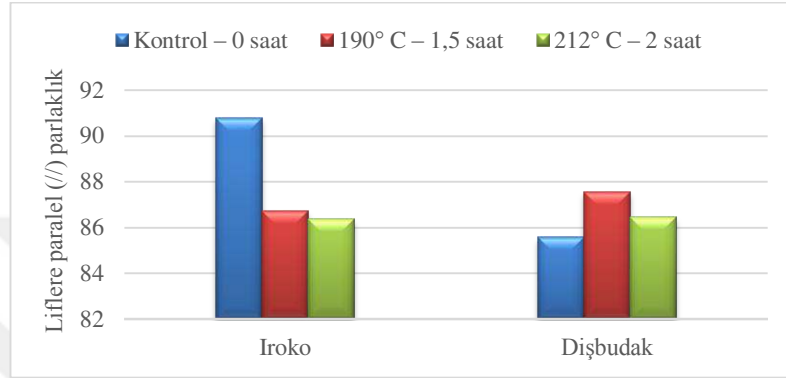
Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde en yüksek değer kontrol örneklerinde (116,82), en düşük 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (68,99) elde edilmiştir (Çizelge 3.63). Sonuç olarak 5 yaşlandırma periyoduna ait değerlerin oluşturduğu 5 farklı homojenlik grubunun olması parlaklığın yaşlandırma süresine bağlı olarak azalarak değiştiğini göstermektedir. Buna göre, UV-B 313 tipi lamba ile yapılan yaşlandırma işleminde yaşlandırma süresi arttıkça liflere paralel parlaklık (60°) değerini azaltıcı etki yaptığı söylenebilir. Bu sonuçlar literatür ile uyumludur [5], [14], [141], [195]. Fakat literatürde bu sonuçların aksi yönde sonuçlara sahip çalışmalarda mevcuttur. Örneğin [176]'nın yaptığı çalışmada PU ve su bazlı vernik uygulanan kontrol örneklerinin UVA-340 tipi lamba ile 1000 saat yaşlandırması sonucunda PU vernikli örneklerde %6,23, su bazlı vernikli örneklerde %0,86 oranında parlaklık (60°) artışı meydana geldiği bildirilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.64’de, bunlara ait grafik Şekil 3.51’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.64. Ağaç türü-ısıt işlem ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör AB	Kontrol – 0 saat		190° C – 1,5 saat		212° C – 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	90,79	A*	86,72	CB	86,37	CB
Dişbudak	85,56	C	87,57	B	86,46	CB

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir. A: Ağaç türü, B: Isıt işlem



Şekil 3.51. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

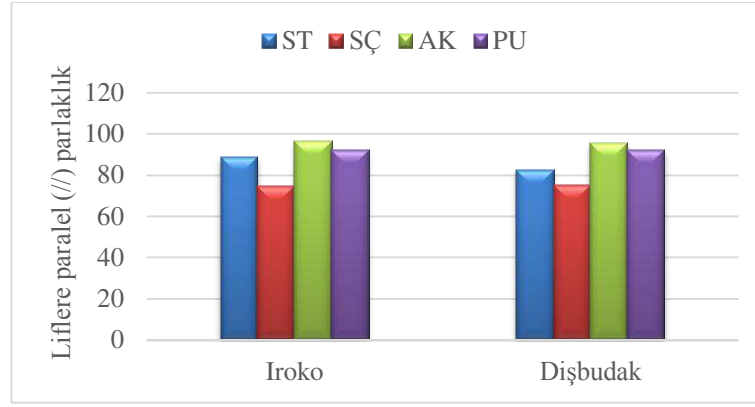
Ağaç türü - ısıt işlem (AB) etkileşimi düzeyinde, liflere paralel (//) parlaklık değeri iroko için; en yüksek ısıt işlem uygulanmamış olan kontrol örneğinde (90,79), en düşük 212°C’de 2 saat ısıt işleme tabi tutulmuş olan örneklerde (86,37) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş olan örneklerde (87,57) ve en düşük değer kontrol örneklerinde (85,56) elde edilmiştir (Çizelge 3.64).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.65’de, buna ait grafik Şekil 3.52’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.65. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör AC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	88,75	C	74,49	E	96,31	A*	92,27	B
Dişbudak	82,81	D	75,19	E	95,67	A*	92,44	B

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir, A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.52. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

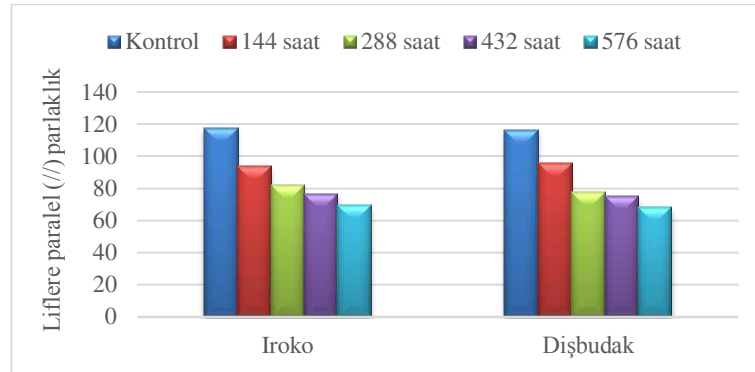
Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) etkileşimi düzeyinde liflere paralel (//) parlaklık değeri iroko için; en yüksek AK vernik uygulanan örneklerde (96,31), en düşük SÇ vernik uygulanan deney örneklerinde (74,49) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek, AK vernik uygulanan örneklerde (95,67), en düşük SÇ vernik uygulanmış deney örneklerinde (75,19) elde edilmiştir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.66'da, bunlara ait grafik Şekil 3.53'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.66. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	117,52	A*	93,93	B	81,98	C	76,68	D	69,68	F
Dişbudak	116,13	A*	95,58	B	77,73	D	74,89	E	68,30	F

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir, A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.53. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

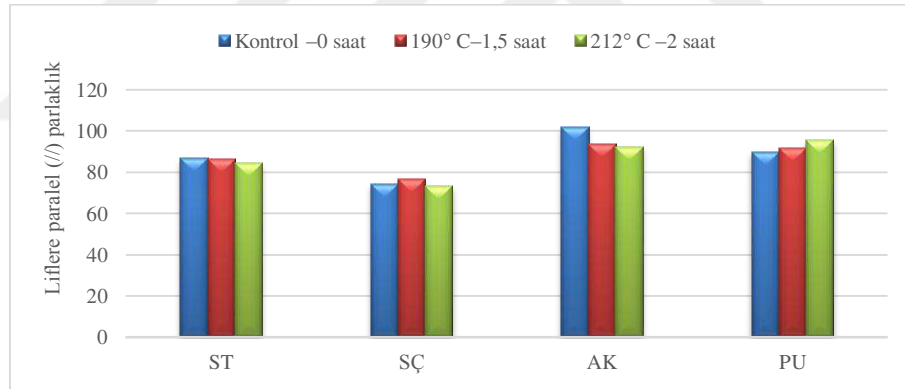
Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) etkileşimi düzeyinde liflere paralel (//) parlaklık değeri ıroko için; en yüksek kontrol örneklerinde (117,52), en düşük 576 saat hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (69,68) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek kontrol örneklerinde (116,13), en düşük 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (68,30) elde edilmiştir (Çizelge 3.66). Şekil 3.53 incelendiğinde iki ağaç türü içinde hızlandırılmış yaşlandırma periyodunun artmasıyla liflere paralel parlaklık değerlerinin azaldığı görülmektedir.

Isıl işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.67’de, buna ait grafik Şekil 3.54’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.67. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör BC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	86,71	E	74,32	H	101,96	A*	89,70	D
190° C-1,5 saat	86,31	E	76,88	G	93,57	C	91,81	C
212° C -2 saat	84,32	F	73,33	H	92,43	C	95,56	B

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.54. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

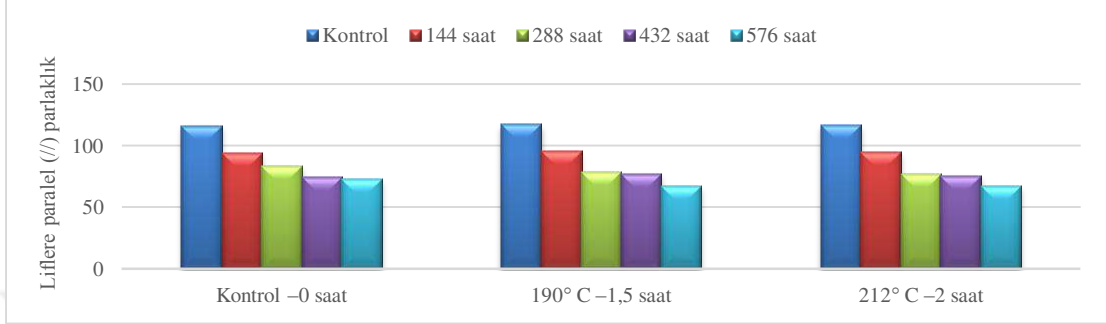
Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktörü etkileşimi düzeyinde liflere paralel (//) parlaklık değeri en yüksek ısı işlem görmemiş olan ve yüzeylerine AK vernik uygulanan kontrol örneklerinde (101,96), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısı işlem görmüş ve yüzeylerine SÇ vernik uygulanan örneklerde (73,33) elde edilmiştir (Çizelge 3.67).

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.68’de, bunlara ait grafik Şekil 3.55’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.68. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	116,36	A*	93,88	B	83,30	C	74,34	GF	72,99	G
190° C –1,5 saat	117,16	A*	95,35	B	78,88	D	77,33	ED	67,00	H
212° C –2 saat	116,94	A*	95,05	B	77,39	ED	75,69	FE	66,99	H

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.55. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

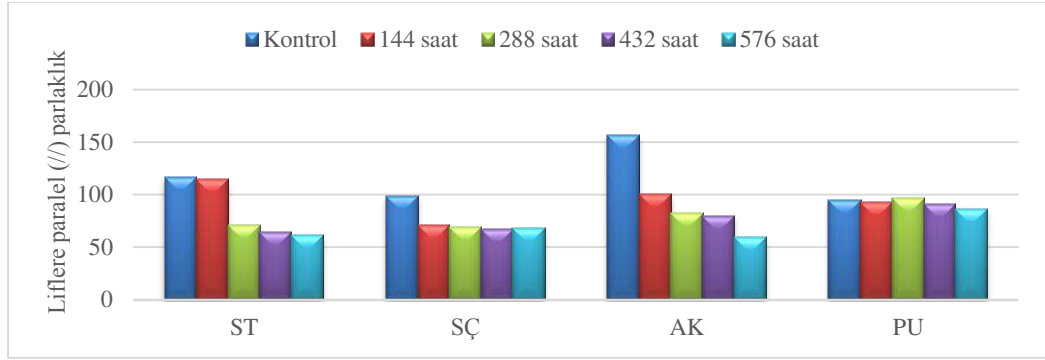
Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) faktörü etkileşimi düzeyinde liflere paralel (//) parlaklık değeri en yüksek, 190°C’de 1,5 saat ısıl işlemli kontrol örneklerinde (117,16) ve en düşük değer, 212°C’de 2 saat ısıl işlem görmüş örneklerin 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde (66,99) elde edilmiştir (Çizelge 3.68).

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.69’da, bunlara ait grafik Şekil 3.56’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.69. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	116,78	B	114,60	B	71,48	I	64,48	K	61,55	L
SÇ	98,82	C	70,87	I	69,28	JI	66,97	JI	68,28	JI
AK	157,12	A*	100,97	C	82,35	H	80,33	H	59,17	L
PU	94,57	ED	92,60	FE	96,30	D	91,35	F	86,97	G

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.56. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

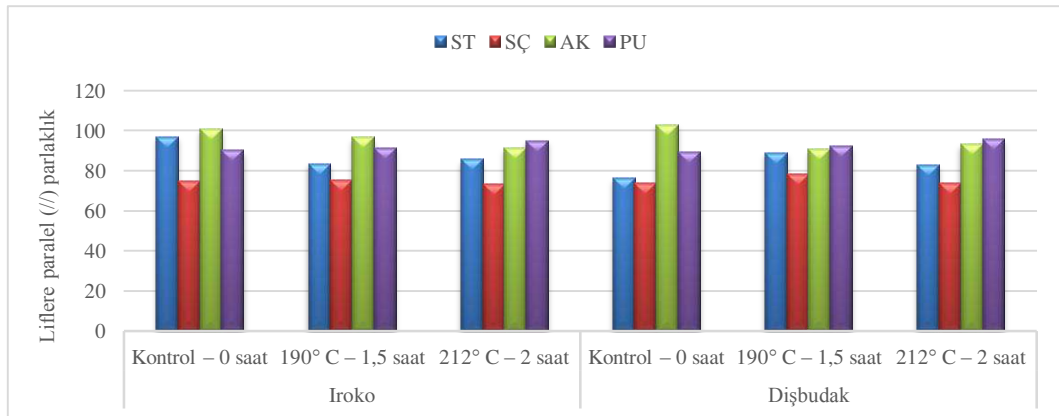
Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) etkileşimi düzeyinde liflere paralel (//) parlaklık değeri en yüksek, yüzeylerine AK vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (157,12), en düşük değer ise yüzeylerine AK vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılan örneklerde (59,17) elde edilmiştir (Çizelge 3.69).

Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.70’de verilerek, bunlara ait grafik Şekil 3.57’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.70. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait liflere paralel parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC		ST		SÇ		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	97,04	B	75,02	IG	100,86	A*	90,24	ED
	190° C – 1,5 saat	83,60	F	75,26	IG	96,60	B	91,40	EDC
	212° C – 2 saat	85,62	F	73,20	I	91,46	EDC	95,18	CB
Dişbudak	Kontrol	76,38	HG	73,62	IG	103,06	A*	89,16	E
	190° C – 1,5 saat	89,02	E	78,50	G	90,54	EDC	92,22	EDC
	212° C – 2 saat	83,02	F	73,46	IG	93,40	DC	95,94	CB

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir, A: Ağaç Türü, B: Isıt İşlem, C: Vernik Çeşidi.



Şekil 3.57. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerleri karşılaştırılması.

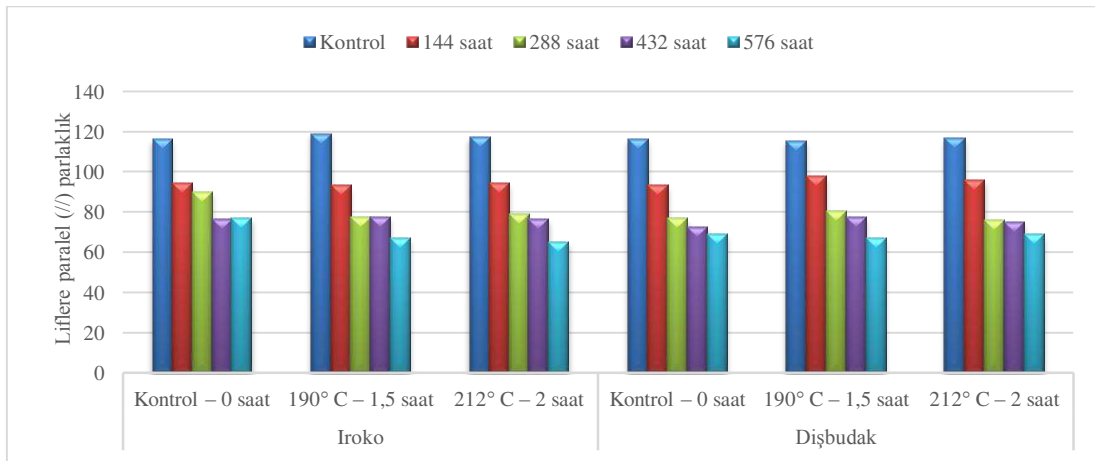
Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktörü (ABC) etkileşim düzeyinde liflere paralel (//) parlaklık değeri en yüksek; yüzeylerine AK vernik uygulanmış dışbudak kontrol örneğinde (103,06), en düşük değer ise SÇ vernik uygulanan 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören iroko örneklerinde (73,20) elde edilmiştir. Ayrıca ağaç türlerine ait değerler kendi arasında incelendiğinde iroko için, en yüksek değer yüzeylerine AK vernik uygulanan kontrol grubu örneklerinde (100,86), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş olan ve yüzeyine SÇ vernik uygulanmış örneklerde (73,20) elde edilmiştir. Dışbudak için ise en yüksek yüzeyine AK vernik uygulanmış kontrol örneklerinde (103,06), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören ve SÇ vernik uygulanan örneklerde (73,46) elde edilmiştir (Çizelge 3.70).

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.71’de, bunlara ait grafik Şekil 3.58’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.71. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	116,53	AB	94,43	D	89,73	E	76,33	GH	76,95	GH
	190°C-1,5 saat	118,93	A*	93,00	D	77,38	FG	77,35	FG	66,93	KJ
	212°C-2 saat	117,10	AB	94,38	D	78,83	FG	76,35	GH	65,18	K
Dışbudak	Kontrol	116,20	AB	93,33	D	76,88	GH	72,35	I	69,03	J
	190°C-1,5 saat	115,40	B	97,70	C	80,38	F	77,30	FG	67,08	KJ
	212°C-2 saat	116,78	AB	95,73	CB	75,95	GH	75,03	IH	68,80	J

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir, A: Ağaç türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.58. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktörü etkileşim düzeyinde liflere paralel (//) parlaklık değeri en yüksek; iroko için 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görüp

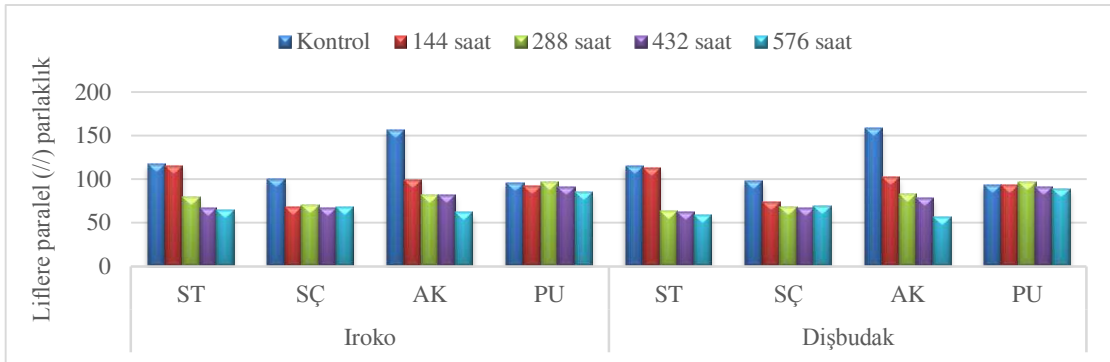
yaşlandırılmamış olanlarda (118,93), en düşük değer ise 212 °C’de 2 saat ısıt işlem görmüş ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (65,18) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören örneklerin yaşlandırılmamış örneklerinde (116,78), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş olan deney örneklerinin 576 saat yaşlandırılan örneklerde (67,08) elde edilmiştir (Çizelge 3.71). Her iki ağaç türünde de en yüksek liflere paralel parlaklık değerleri yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde elde edilirken, yaşlandırma süresi arttıkça parlaklık değeri azalmaktadır.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.72’de, bunlara ait grafik Şekil 3.59’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.72. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	117,87	B	115,70	CB	79,70	LK	66,37	PON	64,13	PO
	SÇ	99,87	ED	67,97	ON	70,10	N	67,03	PON	67,50	ON
	AK	156,20	A*	99,73	ED	81,90	LKJ	82,00	LKJ	61,70	RQ
	PU	96,13	FE	92,33	G	96,20	FE	91,30	HG	85,40	JI
Dişbudak	ST	115,70	CB	113,50	C	63,27	QP	62,60	Q	58,97	SR
	SÇ	97,77	E	73,77	M	68,47	N	66,90	PON	69,07	N
	AK	158,03	A*	102,20	D	82,80	KJ	78,67	L	56,63	S
	PU	93,00	GF	92,87	GF	96,40	FE	91,40	HG	88,53	IH

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir, A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.59. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü etkileşim düzeyinde liflere paralel (//) parlaklık değeri en yüksek, iroko için yüzeyine AK vernik uygulanan yaşlandırılmamış olan kontrol örneklerinde (156,20) elde edilmiştir (Çizelge 3.72). En düşük ise yüzeyine AK vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde elde (61,70) edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, yüzeyine AK vernik uygulanan

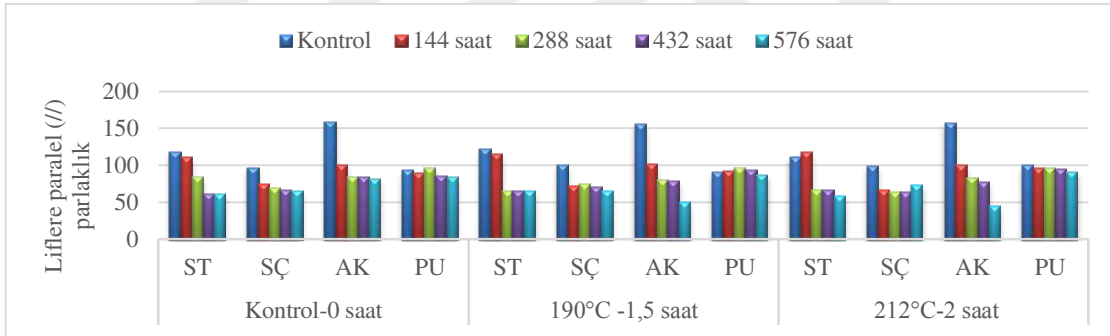
kontrol örneklerde (158,03), en düşük ise yüzeyine AK vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (56,63) elde edilmiştir (Çizelge 3.72).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.73’de, bunlara ait Şekil 3.60’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.73. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol 0 saat	ST	117,6	CB	110,20	E	83,50	P-M	61,40	aZX	60,80	aZ
	SÇ	96,45	IHG	73,90	SR	69,20	VUT	66,15	XWV	65,90	XWV
	AK	158,3	A*	101,40	F	83,80	P-M	84,35	ONM	81,95	PON
	PU	93,05	KJI	89,84	LK	96,52	IHG	85,45	NM	83,30	P-M
190°C 1,5 saat	ST	121,4	B	115,20	DC	64,45	Z-V	65,65	XWV	64,85	Z-V
	SÇ	100,8	GF	72,30	TS	74,55	SR	70,90	UTS	65,80	XWV
	AK	156,1	A*	101,50	F	80,45	QPO	79,30	QP	50,45	b
	PU	90,25	LK	92,40	KJI	96,05	IHG	93,45	KJI	86,90	ML
212°C 2 saat	ST	111,3	ED	118,40	CB	66,50	WVU	66,40	WVU	59,00	a
	SÇ	99,15	HGF	66,40	WVU	64,10	ZXW	63,85	ZXW	73,15	TSR
	AK	156,9	A*	100,00	HGF	82,80	P-M	77,35	RQ	45,10	c
	PU	100,4	GF	95,40	JIH	96,15	IHG	95,15	JIH	90,70	LKJ

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, **: En yüksek liflere paralel (/) değeri ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.60. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

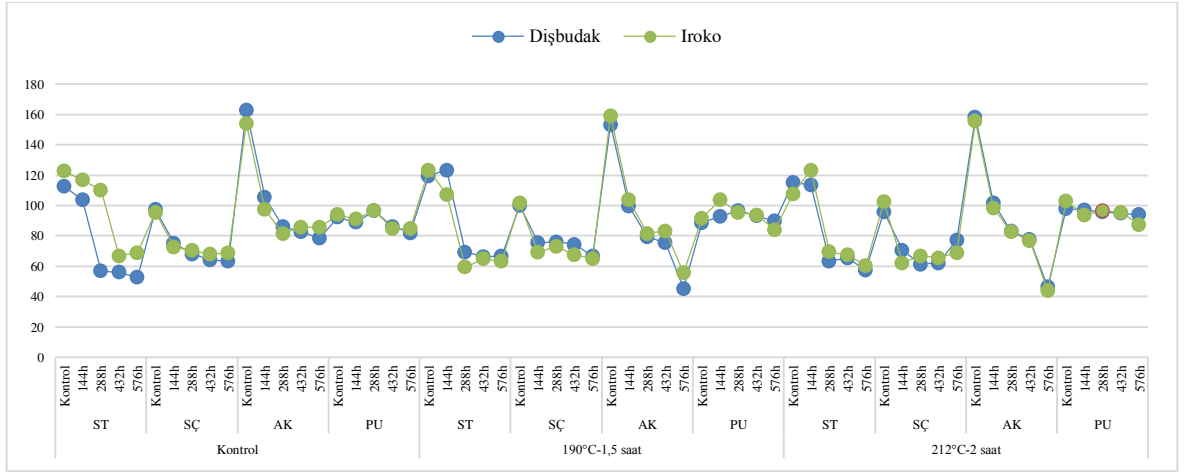
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü etkileşimi düzeyinde liflere paralel (/) parlaklık için en yüksek değer AK vernikli ısıl işlemsiz kontrol grubunun yaşlandırma görmemiş kontrol örneklerinde (158,30) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıl işlem gören ve yüzeylerine AK vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (45,10) elde edilmiştir (Çizelge 3.73).

Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan dörtlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.74’de, bunlara ait grafik Şekil 3.61’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.74. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör (ABCD) / Ağaç türü (A)			Iroko		Dişbudak	
Isıt işlem (B)	Vernik çeşidi (C)	Yaşlandırma periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	HG	Ortalama ($\bar{X}$)	HG
Kontrol	ST	Kontrol	122,70	C	112,60	G-E
		144 saat	116,70	E-C	103,70	K-H
		288 saat	110,10	H-F	56,90	&!z
		432 saat	66,80	w-o	56,00	&!
		576 saat	68,90	t-l	52,70	&
	SÇ	Kontrol	95,50	T-M	97,40	R-K
		144 saat	72,60	p-j	75,20	m-i
		288 saat	70,40	s-k	68,00	un
		432 saat	68,00	u-n	64,30	x-r
		576 saat	68,60	u-m	63,20	z-r
	AK	Kontrol	154,00	B	162,60	A*
		144 saat	97,30	R-K	105,50	J-H
		288 saat	81,60	i-c	86,00	e-V
		432 saat	85,80	e-W	82,90	h-a
		576 saat	85,60	e-W	78,30	jihgf
	PU	Kontrol	93,90	U-P	92,20	W-Q
		144 saat	91,10	Z-R	88,90	b-T
		288 saat	96,80	S-K	96,60	S-K
		432 saat	84,70	f-Y	86,20	e-V
		576 saat	84,70	f-Y	81,90	i-b
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	123,30	C	119,50	DC
		144 saat	107,20	IHG	123,20	C
		288 saat	59,50	!-w	69,40	t-l
		432 saat	64,90	w-r	66,40	w-o
		576 saat	63,10	z-s	66,60	w-o
	SÇ	Kontrol	101,60	O-I	100,10	P-J
		144 saat	69,10	t-l	75,50	m-i
		288 saat	73,10	o-j	76,00	l-h
		432 saat	67,50	v-n	74,30	n-j
		576 saat	65,00	w-r	66,60	w-o
	AK	Kontrol	159,10*	BA*	153,20	B
		144 saat	103,60	L-H	99,40	Q-J
		288 saat	81,50	j-d	79,40	j-e
		432 saat	83,20	g-a	75,40	m-i
		576 saat	55,60	&!	45,30**	]
	PU	Kontrol	91,70	Y-R	88,80	c-T
		144 saat	103,60	L-H	92,70	W-P
		288 saat	95,40	T-N	96,70	S-K
		432 saat	93,80	U-P	93,10	V-P
		576 saat	84,00	g-Z	89,80	a-R
212°C – 2 saat	ST	Kontrol	107,60	IHG	115,00	F-D
		144 saat	123,20	C	113,60	G-D
		288 saat	69,50	t-l	63,50	z-r
		432 saat	67,40	v-n	65,40	w-p
		576 saat	60,40	!-v	57,60	&!zx
	SÇ	Kontrol	102,50	N-I	95,80	T-M
		144 saat	62,20	!-t	70,60	r-k
		288 saat	66,80	w-o	61,40	!-u
		432 saat	65,60	w-p	62,10	!-t
		576 saat	68,90	t-l	77,40	k-g
	AK	Kontrol	155,50	B	158,30	BA
		144 saat	98,30	R-K	101,70	O-I
		288 saat	82,60	h-a	83,00	h-a
		432 saat	77,00	k-g	77,70	j-f
		576 saat	43,90**	]	46,30	]
	PU	Kontrol	102,80	M-I	98,00	R-K
		144 saat	93,80	U-P	97,00	S-K
		288 saat	96,40	S-L	95,90	T-M
		432 saat	95,40	T-N	94,90	T-O
		576 saat	87,50	d-U	93,90	U-P

X : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: ağaç türü, B: Isıt İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu, *: En yüksek ; **: En düşük liflere paralel (//) değeri ifade etmektedir,



Şekil 3.61. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimin liflere paralel parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü etkileşim düzeyinde liflere paralel (//) parlaklık değeri dişbudak için, en yüksek değer ısıt işlemsiz kontrol üzerine AK vernik uygulandıktan sonra yaşlandırılmamış kontrol örneğinde (162,6), en düşük değer ise 190C’de 1,5 saat ısıt işlemli örnek üzerine AK vernik ile kaplanan ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (45,30) elde edilmiştir (Çizelge 3.74).

Iroko için ise en yüksek değer, 190C’de 1,5 saat ısıt işlemli örnek üzerine AK vernikli 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (159,1), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıt işlemli örnek üzerine AK vernik uygulandıktan sonra 576 saat UVB-313EL tipi lamba ile yaşlandırılmış örneklerde (43,9) elde edilmiştir (Çizelge 3.74).

3.4.2. Liflere Dik Yönde Parlaklık Ölçümü Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıt işlem gören iroko ve dişbudak deney malzemeleri, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra UVB-313 EL tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılan deney örnekleri yüzeylerinden elde edilen liflere dik ($\perp$) yönde (60°) parlaklık ortalama (GU) değerleri ve bu değerlere ait standart sapma değerleri Çizelge 3.75’de verilmiştir.

Çizelge 3.75. Liflere dik parlaklık ölçümlerine ait değerler.

Kaynak (liflere dik $\perp$) / Ağaç Türü (A)			Iroko		Dişbudak	
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (Ss)	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	84,90	11,15	88,80	4,39
		144 saat	67,30	8,38	68,70	10,48
		288 saat	64,80	7,07	39,20	3,19
		432 saat	41,90	3,00	35,70	4,62
		576 saat	41,10	4,91	32,50	3,06
	SÇ	Kontrol	67,90	8,02	67,70	5,91
		144 saat	52,00	2,45	41,10	4,48
		288 saat	46,30	6,40	45,40	3,63
		432 saat	44,90	5,51	40,50	5,10
		576 saat	48,00	3,53	40,60	4,95
	AK	Kontrol	135,60	7,62	152,80	2,82
		144 saat	68,20	7,15	91,00	7,27
		288 saat	73,30	2,87	72,20	3,82
		432 saat	73,90	3,60	74,40	7,23
		576 saat	71,00	6,62	65,20	6,81
	PU	Kontrol	84,50	9,19	87,20	12,67
		144 saat	81,30	7,27	78,80	8,65
		288 saat	93,90	2,23	94,10	3,73
		432 saat	81,80	3,65	71,50	10,12
		576 saat	86,50	7,28	63,10	16,41
190°C – 1,5 saat	ST	Kontrol	74,00	6,93	84,30	6,50
		144 saat	65,10	5,63	86,60	6,36
		288 saat	37,90	4,61	42,30	2,98
		432 saat	38,30	4,17	47,90	5,22
		576 saat	36,00	4,64	39,40	6,06
	SÇ	Kontrol	74,50	6,29	84,50	3,31
		144 saat	49,00	4,83	52,90	4,63
		288 saat	43,70	4,00	51,60	7,40
		432 saat	36,70	5,25	47,80	4,05
		576 saat	38,40	4,60	39,40	6,06
	AK	Kontrol	138,50	3,27	132,30	7,99
		144 saat	78,90	9,62	90,50	4,60
		288 saat	61,70	6,38	58,70	4,62
		432 saat	63,80	7,05	71,70	8,19
		576 saat	39,50	10,20	39,00	17,08
	PU	Kontrol	90,20	5,37	93,50	4,22
		144 saat	89,90	6,54	89,00	9,20
		288 saat	76,70	17,04	92,60	4,01
		432 saat	86,00	10,97	91,10	6,61
		576 saat	81,10	11,86	67,10	20,24
212°C – 2 saat	ST	Kontrol	69,60	5,99	85,50	3,84
		144 saat	81,90	8,23	81,20	10,94
		288 saat	42,70	2,91	37,40	4,62
		432 saat	40,70	6,72	50,50	4,43
		576 saat	33,30	4,64	30,40	4,06
	SÇ	Kontrol	68,30	21,65	76,60	9,23
		144 saat	36,50	6,06	50,10	6,14
		288 saat	35,90	2,33	33,20	9,66
		432 saat	35,50	3,81	41,00	5,54
		576 saat	33,90	2,38	55,90	5,45
	AK	Kontrol	131,60	4,14	153,10	6,66
		144 saat	79,80	8,68	97,90	3,25
		288 saat	71,60	3,78	76,00	3,59
		432 saat	59,20	5,61	77,20	2,30
		576 saat	29,00	6,63	48,10	21,18
	PU	Kontrol	99,20	5,07	94,90	4,73
		144 saat	93,30	2,16	94,30	6,04
		288 saat	88,60	5,44	92,00	4,90
		432 saat	80,30	6,62	84,70	10,74
		576 saat	74,50	18,86	78,00	16,01

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, Kontrol: örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Liflere dik (⊥) parlaklık için ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyoduna ait farklı değerler elde edilmiştir (Çizelge 3.75). Farkın hangi faktörden kaynaklandığını ortaya çıkarmak için Çoklu Varyans Analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 3.76’’da verilmiştir.

Çizelge 3.76. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun liflere dik parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Faktör	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F değeri	P, α= 0,05
Ağaç Türü (A)	3211,1	1	3211,1	53,4	0,000*
Isıl işlem (B)	422,5	2	211,2	3,5	0,030*
Vernik çeşidi (C)	303521	3	101173,7	1682,7	0,000*
Yaşlandırma (D)	308382,1	4	77095,5	1282,2	0,000*
Etkileşim (AB)	6085,362	2	3042,6	50,6	0,000*
Etkileşim (AC)	3433,5	3	1144,5	19,0	0,000*
Etkileşim (AD)	3374,9	4	843,7	14,0	0,000*
Etkileşim (BC)	7976,9	6	1329,4	22,1	0,000*
Etkileşim (BD)	9565,8	8	1195,7	19,8	0,000*
Etkileşim (CD)	143433,7	12	11952,8	198,8	0,000*
Etkileşim (ABC)	4164,8	6	694,1	11,5	0,000*
Etkileşim (ABD)	3904,0	8	488,0	8,1	0,000*
Etkileşim (ACD)	5538,5	12	461,5	7,6	0,000*
Etkileşim (BCD)	13790,1	24	574,5	9,5	0,000*
Etkileşim (ABCD)	5002,8	24	208,4	3,4	0,000*
Hata	64934,9	1080	60,1		
Toplam	6469731	1200			

*: Anlamlı (α= 0,05’e göre), **ns: Önemli

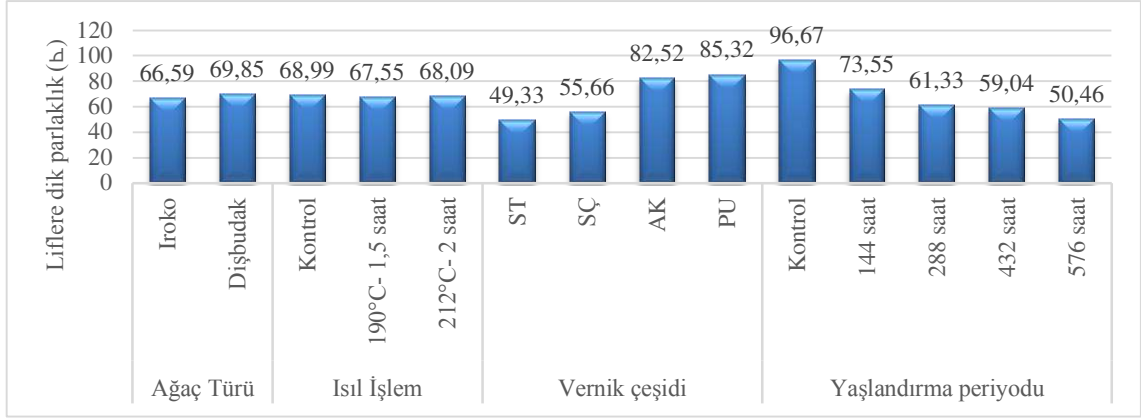
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bunların karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır (Çizelge 3. 76).

Aşağıda ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.77’de, bunlara ait grafik ise Şekil 3.62’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.77. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG
Ağaç Türü	Iroko	66,59	B
	Dişbudak	69,85	A*
Isıl İşlem	Kontrol	68,99	A*
	190°C-1,5 saat	67,55	B
	212°C-2 saat	68,09	BA
Vernik Çeşidi	ST	49,33	D
	SÇ	55,66	C
	AK	82,52	B
	PU	85,32	A*
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	96,67	A*
	144 saat	73,55	B
	288 saat	61,33	C
	432 saat	59,04	D
	576 saat	50,46	E

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere dik (⊥) parlaklık değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.62. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü faktörü düzeyinde liflere dik (Lf) parlaklık değeri dişbudakta (69,85), ıroko (66,59) tespit edilmiştir (Çizelge 3.77). İstatistiksel olarak %95 güven düzeyinde ağaç türü faktörü düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçlarına göre her bir ağaç türü farklı homojenlik grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Ağaç türlerine ait parlaklık değerlerinin farklı olması türe ait tekstür, trahe tipi ve dizilişi, yüzey düzgünlüğü ve diğer özelliklerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Isıl işlem düzeyinde, en yüksek kontrol örneklerinde (68,99) ve en düşük, 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlemi görmüş örneklerde (67,55) elde edilmiştir (Çizelge 3.77). Isıl işlem faktörüne ait varyasyonlar üç farklı homojenlik grubu oluşturdukları belirlenmiştir. Literatürdeki yapılan çalışmalarda parlaklık değerinin ısıtma işlemi süresi ve sıcaklık parametrelerine bağlı olarak azaldığı bildirilmektedir [100], [155]-[165]. Sonuçlar literatür ile uyumludur.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde liflere dik (Lf) parlaklık değeri en yüksek PU vernikte (85,32), en düşük ST vernikte (49,33) elde edilmiştir (Çizelge 3.77). Dört farklı vernik türünün istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde farklı homojenlik grupları oluşturdukları belirlenmiştir. Literatürde parlaklık değerini azaltıcı etkilere birisi dağınık halkalı traheli ağaç türlerinde trahe boşluklarının tam olarak vernik ile doldurulamadığı durumlarda yüzeye gelen ışınlar farklı açılarda yansımaya sebep olduğu bildirilmiştir [49]. Buna ek olarak su bazlı verniklere ait astar kat uygulamasında kullanılan materyalin katı madde miktarlarının PU ve AK dolgu vernikleri ile karşılaştırıldığında daha düşük olması bu duruma katkı yapmış olabilir. Ayrıca tek bileşenli su bazlı vernik parlaklık değerinin çift bileşenli verniğe göre daha düşük değerlere sahip olduğu bildirilmiştir [166].

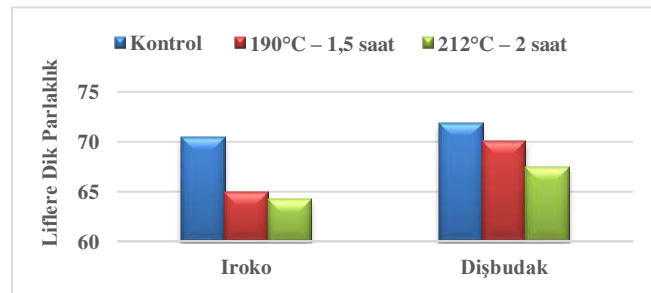
Liflere dik parlaklık değeri yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde en yüksek UV yaşlandırmaya maruz bırakılmayan kontrol örneklerde (96,67), en düşük 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (50,46) elde edilmiştir (Çizelge 3.77). Her bir yaşlandırma periyodu varyasyonu farklı homojenlik grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla yaşlandırma periyodlarının parlaklığı farklı şekilde etkilemektedir. Literatürde yapay ve doğal yaşlandırma sürecinin parlaklık azaltıcı etkisi olduğu bildirilen çalışmaların [35], [14], [53], [74], [167], [166], [168] sonuçları ile uyumludur. Sonuç olarak yaşlandırmanın liflere dik yönde ölçülen parlaklık değerini azalttığı söylenebilir. Ancak bu çalışma sonuçları ile örtüşmeyen araştırmalar da mevcuttur. Örneğin [176]'nın yaptığı çalışmada poliüretan ve su bazlı vernik uygulanan kontrol örneklerinin UVA-340 tipi lamba ile 1000 saat yaşlandırması sonucunda PU vernikte % 6,23, su bazlı vernik uygulanmış örneklerde %0,86 oranında parlaklık (60°) değerinde artış meydana geldiği bildirilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.78'de, bunlara ait grafik Şekil 3.63'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.78. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör AB	Kontrol		190°C – 1,5 saat		212°C – 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	70,46	BA	65,00	D	64,27	D
Dişbudak	71,90	A*	70,11	B	67,53	C

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere dik (L) parlaklık değerini ifade etmektedir. A: Ağaç türü, B: Isıt işlem



Şekil 3.63. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

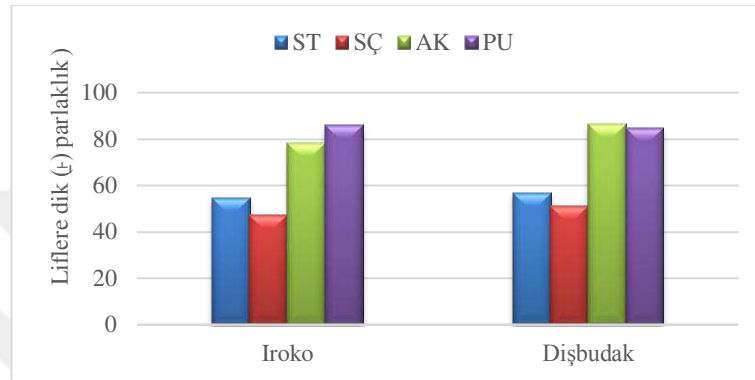
Ağaç türü - ısıt işlem (AB) etkileşimi düzeyinde liflere dik (L) parlaklık değeri iroko için; en yüksek ısıt işlem uygulanmamış olan kontrol örneğinde (70,46), en düşük ise 212°C'de 2 saat ısıt işleme tabi tutulmuş olan örneklerde (64,27) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, ısıt işlem uygulanmamış kontrol örneklerinde (71,90), en düşük değer ise 212°C'de 2 saat ısıt işlem gören örneklerde (67,53) elde edilmiştir (Çizelge 3.78).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.79’da, buna ait grafik Şekil 3.64’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.79. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimin liflere dik parlaklık değerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	54,63	E	47,43	G	78,37	C	85,85	BA
Dişbudak	56,69	D	51,22	F	86,67	A*	84,79	B

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere dik ($\perp$) parlaklık değerini ifade etmektedir. A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.64. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

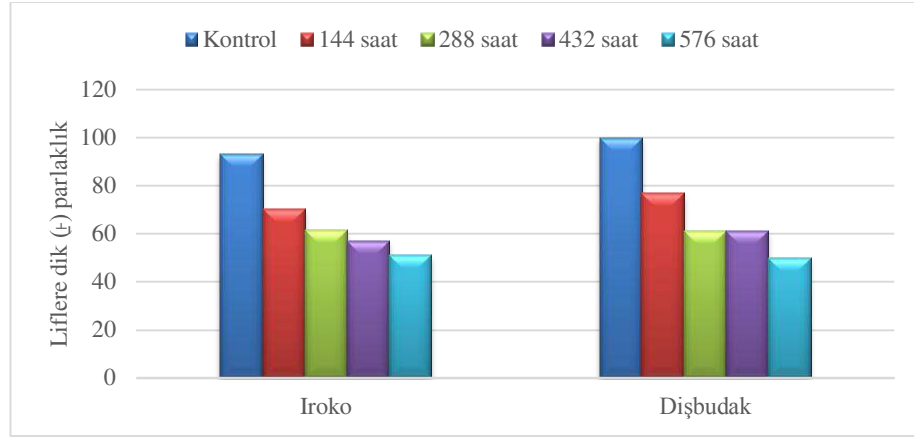
Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) etkileşimi düzeyinde liflere dik ($\perp$) parlaklık değeri iroko için; en düşük değer SÇ vernik uygulanan örneklerde (47,43) ve en yüksek değer PU vernik uygulanan deney örneklerinde (85,85) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en düşük değer SÇ vernik uygulanan örneklerde (51,22), en yüksek değer AK vernik uygulanmış deney örneklerinde (86,67) elde edilmiştir (Çizelge 3.79). Şekil 3.64’e göre iki ağaç türünde de AK ve PU gibi solvent bazlı vernikler daha yüksek ve SÇ ile ST verniklerin daha düşük liflere dik ($\perp$) parlaklık değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.80’de, buna ait grafik Şekil 3.65’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.80. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	93,23	B	70,27	D	61,43	E	56,92	F	51,03	G
Dişbudak	100,1	A*	76,84	C	61,23	E	61,17	E	49,89	G

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere dik ($\perp$) parlaklık değerini ifade etmektedir. A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.65. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

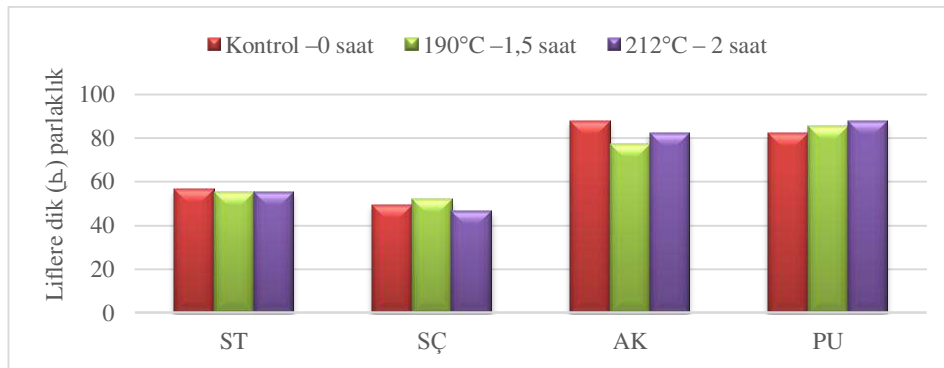
Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) etkileşimi düzeyinde liflere dik ($\perp$) parlaklık değeri iroko için; en yüksek kontrol örneklerinde (93,23), en düşük 576 saatlik hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (51,03) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer yaşlandırılmamış olan kontrol örneklerinde (100,1), en düşük değer 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde (49,89) elde edilmiştir (Çizelge 3.80).

Isıl işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.81’de, buna ait grafik Şekil 3.66’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.81. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör BC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	56,49	D	49,44	F	87,76	A*	82,27	B
190°C –1,5 saat	55,18	D	51,85	E	77,46	C	85,72	A*
212°C – 2 saat	55,32	D	46,69	G	82,35	B	87,98	A*

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere dik ($\perp$) parlaklık değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.66. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

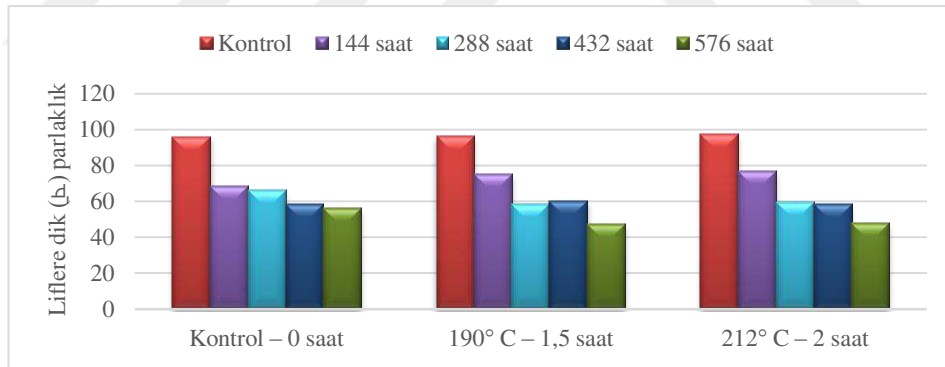
Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktörü etkileşimi düzeyinde liflere dik ($\perp$) parlaklık değeri en yüksek 212°C’de 2 saat ısıtım işlem gören ve yüzeylerine PU vernikli örneklerde (87,98) , en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıtım işlem gören ve SÇ vernik uygulanmış örneklerde (46,69) elde edilmiştir (Çizelge 3.81). Şekil 3.66’da görüldüğü üzere PU vernikli örneklerde ısıtım işlem süresi ve sıcaklığı arttıkça parlaklık değeri artmıştır. ST vernikli tüm ısıtım işlem periyodlarına ait örneklerde benzer parlaklık değerlerine sahip olduğu değerlendirilebilir.

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.82’de, bunlara ait grafik Şekil 3.67’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.82. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	96,18	A*	68,55	C	66,15	C	58,08	ED	56,00	E
190° C – 1,5 saat	96,48	A*	75,24	B	58,15	ED	60,41	D	47,49	F
212° C – 2 saat	97,35	A*	76,88	B	59,68	D	58,64	D	47,89	F

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere dik ($\perp$) parlaklık değerini ifade etmektedir. A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.67. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

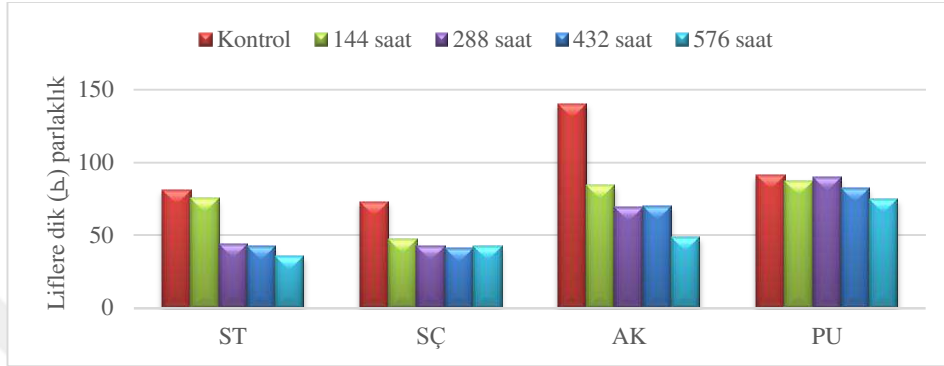
Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) etkileşimi düzeyinde, liflere dik ($\perp$) parlaklık değeri en yüksek, bütün 212°C’de 2 saatlik ısıtım işlem gören ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (97,35), en düşük değer 190°C’de 1,5 saat ısıtım işlem görmüş örneklerin 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde (47,49) elde edilmiştir (Çizelge 3.82).

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.83’de, bunlara ait grafik Şekil 3.68’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.83. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin liflere dik parlaklık değerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	81,18	E	75,13	F	44,05	I	42,50	I	35,45	J
SÇ	73,25	F	46,93	H	42,68	I	41,07	I	42,70	I
AK	140,6	A*	84,38	D	68,92	G	70,03	G	48,63	H
PU	91,58	B	87,77	C	89,65	CB	82,57	ED	75,05	F

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere dik ($\perp$) parlaklık değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.68. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

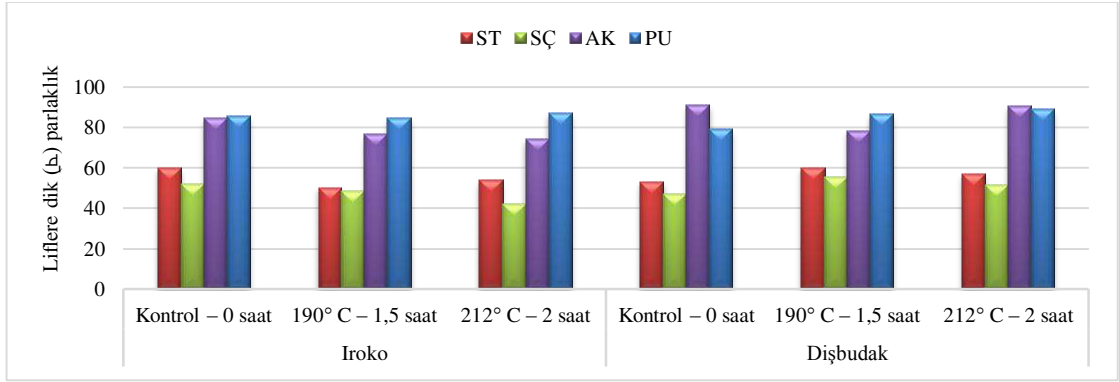
Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) etkileşimi düzeyinde liflere dik ($\perp$) parlaklık değeri en yüksek yüzeylerine AK vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (140,6), en düşük değer ise yüzeylerine ST vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılan örneklerde (35,45) elde edilmiştir (Çizelge 3.83).

Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.84'de, buna ait grafik Şekil 3.69'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.84. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC		ST		SÇ		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	60,00	F	51,82	I	84,40	C	85,60	CB
	190° C – 1,5 saat	50,26	KJI	48,46	KJ	76,48	ED	84,78	C
	212° C – 2 saat	53,64	IH	42,02	L	74,24	E	87,18	CB
Dişbudak	Kontrol	52,98	IH	47,06	K	91,12	A*	78,94	D
	190° C – 1,5 saat	60,10	F	55,24	HG	78,44	D	86,66	CB
	212° C – 2 saat	57,00	GF	51,36	JI	90,46	A*	88,78	BA

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere dik ($\perp$) parlaklık değerini ifade etmektedir, A: Ağaç, B: Isıl İşlem, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.69. Ağaç türü, ısıtma işlemi ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

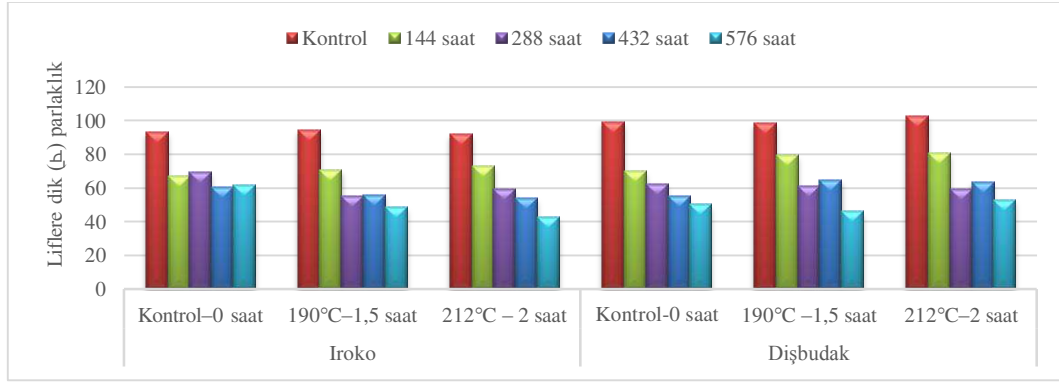
Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi faktörü (ABC) etkileşim düzeyinde liflere dik (L) parlaklık değeri en yüksek; iroko için 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş ve yüzeylerine PU vernik uygulanan örneklerde (87,18), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş olan ve yüzeyine SÇ vernik uygulanmış örneklerde (42,02) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek, yüzeyine AK vernik uygulanmış kontrol örneklerinde (91,12), en düşük değer ise ısıtma işlemi görmeyen kontrol yüzeyine SÇ vernik uygulanan örneklerde (47,06) elde edilmiştir (Çizelge 3.84).

Ağaç türü - ısıtma işlemi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.85’de, bunlara ait grafik Şekil 3.70’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.85. Ağaç türü, ısıtma işlemi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	93,23	C	67,20	GF	69,58	FE	60,63	I	61,65	IH
	190°C-1,5 saat	94,30	C	70,73	FE	55,00	K	56,20	KJ	48,75	NM
	212°C - 2 saat	92,18	C	72,88	E	59,70	JI	53,93	LK	42,68	O
Dişbudak	Kontrol	99,13	BA	69,90	FE	62,73	IH	55,53	K	50,35	ML
	190°C -1,5 saat	98,65	B	79,75	D	61,30	IH	64,63	HG	46,23	N
	212°C-2 saat	102,53	A*	80,88	D	59,65	JI	63,35	IH	53,10	LK

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek liflere dik (L) parlaklık değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.70. Ağaç türü, ısıtma işlemi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

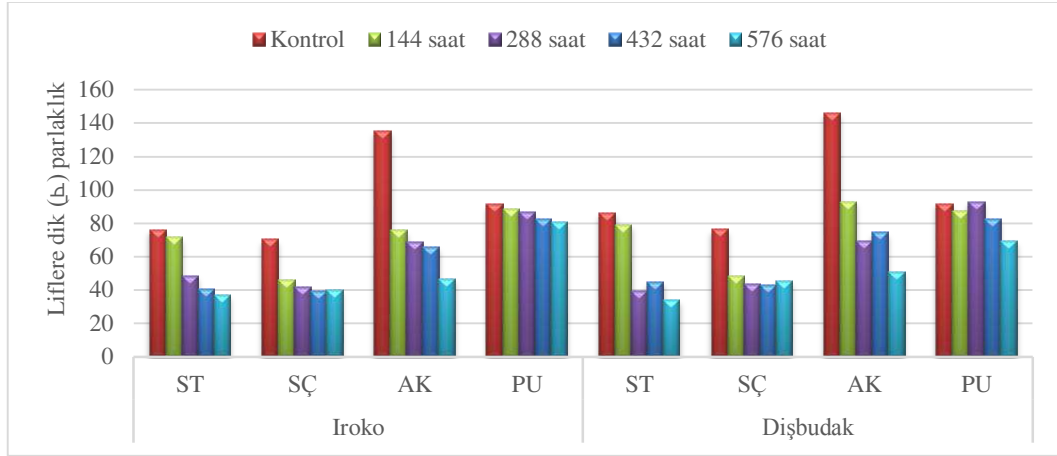
Ağaç türü - ısıtma işlemi - yaşlandırma periyodu (ABD) faktörü etkileşim liflere dik (L) parlaklık değeri en yüksek; iroko için 190°C’de 1,5 saatlik ısıtma işlemli örneklerin kontrol grubunda (94,30) olanlarında, en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıtma işlem görmüş ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (42,68) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, 212°C’de 2 saatlik örneklerin yaşlandırılmamış örneklerde (102,53), en düşük ise 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlem görmüş deney örneklerinin 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde (46,23) elde edilmiştir (Çizelge 3.85).

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.86’de, bunlara ait grafik Şekil 3.71’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.86. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	76,17	JI	71,43	LK	48,47	ON	40,30	SR	36,80	TS
	SÇ	70,23	L	45,83	QPO	41,97	RQ	39,03	SR	40,10	SR
	AK	135,23	B	75,63	JI	68,87	ML	65,63	M	46,50	PON
	PU	91,30	EDC	88,17	FED	86,40	GF	82,70	HG	80,70	H
Dişbudak	ST	86,20	GF	78,83	IH	39,63	SR	44,70	QPO	34,10	T
	SÇ	76,27	JI	48,03	ON	43,40	RQP	43,10	RQP	45,30	QPO
	AK	146,07	A*	93,13	C	68,97	ML	74,43	KJ	50,77	N
	PU	91,87	DC	87,37	FE	92,90	C	82,43	HG	69,40	ML

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek değerini ifade etmektedir. A: Ağaç türü B: Isıtma işlemi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.71. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

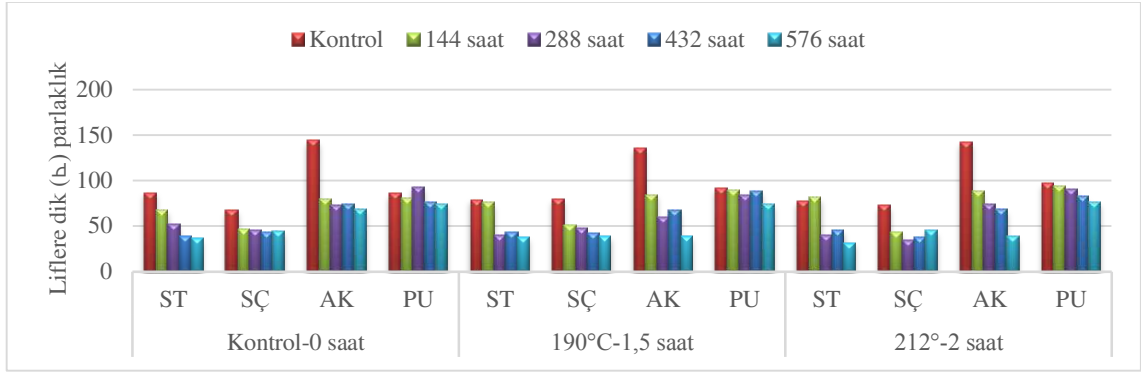
Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü etkileşim düzeyinde liflere dik (L) parlaklık değeri en yüksek, dişbudak örnekleri yüzeyine AK vernik uygulandıktan sonra yaşlandırılmayan örneklerde (146,07), en düşük değer ise dişbudak örnekleri yüzeylerine ST vernik uygulandıktan sonra 576 saat yaşlandırılan örneklerde (34,10) elde edilmiştir. Iroko için en yüksek değer, yüzeyine AK vernik uygulanan ve yaşlanmamış kontrol örneklerde (135,23) elde edilmiştir. En düşük ise yüzeyine ST vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (36,80) elde edilmiştir (Çizelge 3.86).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.87’de, bunlara ait grafik Şekil 3.72’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.87. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	86,85	H-E	68,00	P	52,00	R	38,80	a-W	36,80	b-Z
	SÇ	67,80	P	46,55	TS	45,85	TS	42,70	X-T	44,30	W-T
	AK	144,2	A*	79,60	M-I	72,75	PO	74,15	O-M	68,10	P
	PU	85,85	H-F	80,11	L-I	93,29	DC	76,65	O-K	74,80	O-L
190°C-1,5 saat	ST	79,15	N-I	75,85	O-L	40,10	a-U	43,10	X-T	37,70	a-X
	SÇ	79,50	N-I	50,95	SR	47,65	T-R	42,25	Z-T	38,90	a-W
	AK	135,40	B	84,70	I-G	60,20	Q	67,75	P	39,25	a-V
	PU	91,85	E-C	89,45	G-D	84,65	I-G	88,55	G-D	74,10	O-M
212°C-2 saat	ST	77,55	O-J	81,55	K-H	40,05	a-U	45,60	UTS	31,85	b
	SÇ	72,45	PO	43,30	X-T	34,55	ba	38,25	aZX	44,90	V-T
	AK	142,35	A*	88,85	G-D	73,80	ON	68,20	P	38,55	a-W
	PU	97,05	C	93,80	DC	90,30	F-D	82,50	J-H	76,25	O-K

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.72. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

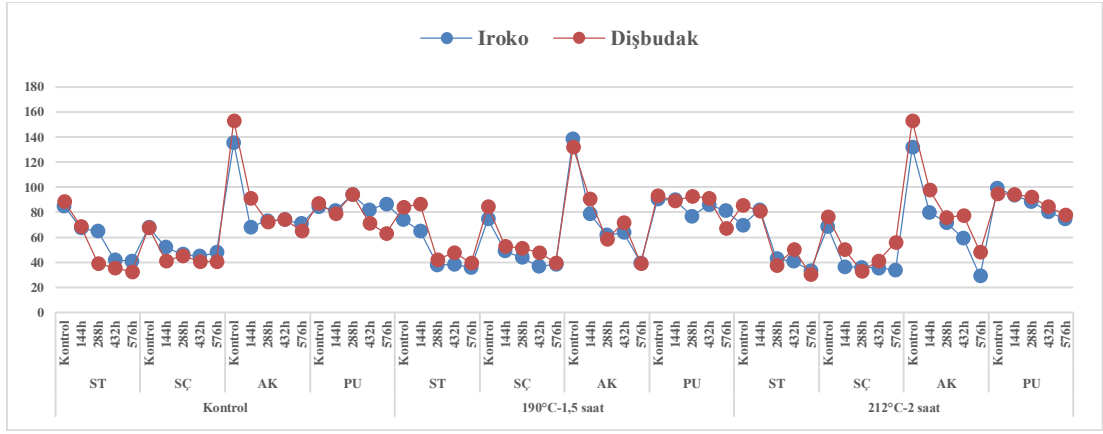
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü etkileşimi düzeyinde liflere dik (L) parlaklık değeri için en yüksek, ısıl işlemsiz kontrol üzerine uygulanan AK verniğin yaşlandırma görmemiş örneklerde (144,20) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıl işlem gören ve yüzeylerine ST vernik uygulanan 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (31,85) elde edilmiştir (Çizelge 3.87).

Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan dördü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.88’de, bunlara ait grafik Şekil 3.73’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.88. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör (ABCD) / Ağaç türü(A)			Iroko		Dişbudak	
Isıt işlem (B)	Vernik çeşidi (C)	Yaşlandırma periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	HG	Ortalama ($\bar{X}$)	HG
Kontrol	ST	Kontrol	84,90	P-H	88,80	K-E
		144 saat	67,30	h-d	68,70	h-a
		288 saat	64,80	i-f	39,20	x-u
		432 saat	41,90	w-p	35,70	*!xwz
		576 saat	41,10	x-r	32,50	*!x
	SÇ	Kontrol	67,90	h-c	67,70	h-c
		144 saat	52,00	mlk	41,10	x-r
		288 saat	46,30	u-m	45,40	v-m
		432 saat	44,90	y-m	40,50	x-s
		576 saat	48,00	s-l	40,60	x-r
	AK	Kontrol	135,60	B	152,80	A*
		144 saat	68,20	h-b	91,00	I-C
		288 saat	73,30	e-T	72,20	f-U
		432 saat	73,90	d-S	74,40	d-S
		576 saat	71,00	g-Y	65,20	i-e
	PU	Kontrol	84,50	P-I	87,20	M-E
		144 saat	81,30	T-K	78,80	Y-M
		288 saat	93,90	G-C	94,10	F-C
		432 saat	81,80	S-J	71,50	f-V
		576 saat	86,50	M-E	63,10	j-g
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	74,00	d-S	84,30	R-I
		144 saat	65,10	i-e	86,60	M-E
		288 saat	37,90	!-u	42,30	w-o
		432 saat	38,30	!-u	47,90	s-l
		576 saat	36,00	*-z	39,40	x-t
	SÇ	Kontrol	74,50	d-S	84,50	P-I
		144 saat	49,00	r-l	52,90	mlk
		288 saat	43,70	z-n	51,60	n-k
		432 saat	36,70	*-y	47,80	t-l
		576 saat	38,40	!-u	39,40	x-t
	AK	Kontrol	138,50	B	132,30	B
		144 saat	78,90	Y-M	90,50	I-D
		288 saat	61,70	jiih	58,70	kji
		432 saat	63,80	i-f	71,70	f-V
		576 saat	39,50	x-t	39,00	x-u
	PU	Kontrol	90,20	J-D	93,50	G-C
		144 saat	89,90	J-D	89,00	K-E
		288 saat	76,70	a-P	92,60	I-C
		432 saat	86,00	N-F	91,10	I-C
		576 saat	81,10	T-K	67,10	I-d
212°C – 2 saat	ST	Kontrol	69,60	h-Z	85,50	O-G
		144 saat	81,90	S-J	81,20	T-K
		288 saat	42,70	z-o	37,40	!-v
		432 saat	40,70	x-r	50,50	o-l
		576 saat	33,30	*!x	30,40	*!
	SÇ	Kontrol	68,30	h-a	76,60	b-P
		144 saat	36,50	*-y	50,10	p-l
		288 saat	35,90	*-z	33,20	*!x
		432 saat	35,50	*-z	41,00	x-r
		576 saat	33,90	*!xw	55,90	lkj
	AK	Kontrol	131,60	B	153,10	A*
		144 saat	79,80	V-M	97,90	DC
		288 saat	71,60	f-V	76,00	c-R
		432 saat	59,20	kjii	77,20	Z-O
		576 saat	29,00	*	48,10	s-l
	PU	Kontrol	99,20	C	94,90	E-C
		144 saat	93,30	H-C	94,30	F-C
		288 saat	88,60	L-E	92,00	I-C
		432 saat	80,30	U-L	84,70	P-I
		576 saat	74,50	d-S	78,00	Z-N

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: homojenlik grubu, *: En yüksek liflere dik ($\perp$) parlaklık değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.73. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait liflere dik parlaklık değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü etkileşim düzeyinde liflere dik ($\perp$) parlaklık değeri en yüksek 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi gören dişbudak odunu yüzeylerine AK vernik uygulandıktan sonra yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (153,1) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat süreyle ısıtma işlemi görmüş ve ST vernik ile kaplanan 576 saat yaşlandırılan örneklerde (30,40) elde edilmiştir. Iroko odunu için ise en yüksek değer 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlemi gören odun üzerine AK vernik uygulanan kontrol örneğinde (138,50), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat süreyle ısıtma işlemi gören ve yüzeyine AK vernik uygulandıktan sonra 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (29,0) elde edilmiştir (Çizelge 3.88).

3.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

3.5.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümüne Ait Ra* Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtma işlemi gören iroko ve dişbudak deney malzemeleri, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra 0-576 saat UVB-313 tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılan deney örnekleri yüzeylerinden elde edilen Ra* pürüzlülük ortalama değerleri ve bu değerlere ait standart sapma değerleri Çizelge 3.89’da verilmiştir.

Çizelge 3.89. Yüzey pürüzlülüğü (Ra*) ölçümlerine ait değerler.

Faktör (ABCD) / Ağaç Türü (A)			Iroko		Dişbudak	
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi(C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama (X̄)	Standart Sapma (Ss)	Ortalama (X̄)	Standart Sapma (Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	2,38	0,45	3,06	0,62
		144 saat	1,28	0,42	2,15	1,18
		288 saat	1,24	0,51	2,21	0,72
		432 saat	1,29	0,39	2,23	1,26
		576 saat	1,24	0,24	3,58	0,81
	SÇ	Kontrol	2,14	0,60	1,26	0,13
		144 saat	1,42	0,43	1,04	0,21
		288 saat	1,25	0,58	1,35	0,89
		432 saat	1,59	0,37	1,31	0,59
		576 saat	1,52	0,35	1,31	0,59
	AK	Kontrol	1,58	0,46	0,53	0,25
		144 saat	1,05	0,32	0,39	0,14
		288 saat	0,47	0,14	0,44	0,28
		432 saat	0,34	0,12	0,36	0,10
		576 saat	1,52	0,35	0,49	0,16
	PU	Kontrol	0,49	0,13	0,68	0,18
		144 saat	0,22	0,09	0,13	0,03
		288 saat	0,23	0,07	0,26	0,28
		432 saat	0,32	0,15	0,45	0,41
		576 saat	0,32	0,15	0,35	0,41
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	1,98	0,50	1,68	0,33
		144 saat	1,46	0,38	1,70	0,67
		288 saat	1,48	0,22	1,24	0,32
		432 saat	2,08	0,51	1,53	0,77
		576 saat	1,71	0,34	1,55	0,41
	SÇ	Kontrol	1,95	0,34	1,34	0,19
		144 saat	0,90	0,21	1,11	0,28
		288 saat	1,10	0,15	0,82	0,23
		432 saat	1,44	0,26	1,25	0,27
		576 saat	1,30	0,29	1,16	0,36
	AK	Kontrol	1,66	0,59	0,61	0,18
		144 saat	0,65	0,20	0,88	0,45
		288 saat	0,99	0,30	0,84	0,53
		432 saat	1,06	0,75	0,68	0,28
		576 saat	0,67	0,32	0,61	0,18
	PU	Kontrol	0,30	0,07	0,29	0,09
		144 saat	0,10	0,02	0,07	0,02
		288 saat	0,33	0,12	0,19	0,11
		432 saat	0,13	0,08	0,34	0,38
		576 saat	0,21	0,06	0,12	0,06
212°C-2 saat	ST	Kontrol	2,62	0,72	2,44	0,39
		144 saat	1,29	0,32	1,49	0,44
		288 saat	1,33	0,18	1,27	0,17
		432 saat	1,55	0,68	1,53	0,94
		576 saat	1,79	0,72	1,43	0,70
	SÇ	Kontrol	2,20	0,53	2,93	0,48
		144 saat	1,74	0,45	1,67	0,84
		288 saat	1,66	0,44	1,52	0,75
		432 saat	1,66	0,49	1,86	0,29
		576 saat	1,99	0,43	0,66	0,27
	AK	Kontrol	1,03	0,46	0,63	0,22
		144 saat	1,13	0,53	0,41	0,22
		288 saat	0,54	0,19	0,52	0,53
		432 saat	1,09	0,58	0,38	0,15
		576 saat	0,86	0,27	0,36	0,12
	PU	Kontrol	0,62	0,17	0,36	0,07
		144 saat	0,24	0,19	0,12	0,03
		288 saat	0,24	0,14	0,17	0,13
		432 saat	0,32	0,19	0,25	0,04
		576 saat	0,42	0,16	0,16	0,03

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, **: Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değerleri için ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyoduna göre farklı değerler elde edilmiştir (Çizelge 3.89). Bu farklılığın

hangi faktörden kaynaklandığını ortaya çıkarmak amacıyla Çoklu Varyans Analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 3.90’da verilmiştir.

Çizelge 3.90. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzey pürüzlülüğü değerlerine (Ra*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalama	F değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç Türü (A)	2,937	1	2,937	16,18	0,000*
Isıl işlem (B)	5,065	2	2,532	13,95	0,000*
Vernik çeşidi (C)	423,445	3	141,148	777,5	0,000*
Yaşlandırma (D)	44,834	4	11,209	61,74	0,000*
Etkileşim (AD)	5,117	2	2,558	14,09	0,000*
Etkileşim (AC)	21,324	3	7,108	39,16	0,000*
Etkileşim (AB)	2,69	4	0,672	3,704	0,005*
Etkileşim (BC)	24,703	6	4,117	22,68	0,000*
Etkileşim (BD)	9,351	8	1,169	6,439	0,000*
Etkileşim (CD)	13,489	12	1,124	6,192	0,000*
Etkileşim (ABC)	25,479	6	4,246	23,39	0,000*
Etkileşim (ABD)	10,777	8	1,347	7,421	0,000*
Etkileşim (ACD)	7,866	12	0,655	3,611	0,000*
Etkileşim (BCD)	13,996	24	0,583	3,212	0,000*
Etkileşim (ABCD)	18,351	24	0,765	4,212	0,000*
Hata	196,054	1080	0,182		
Toplam	2221,467	1200			

*: Anlamlı ($\alpha=0,05$ ’e göre), **:ns: Önemsiz

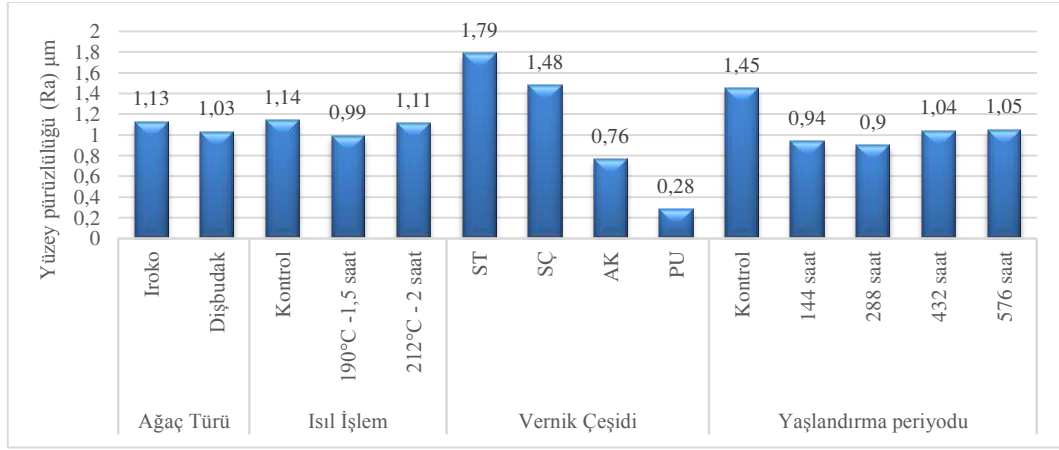
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve karşılıklı tüm etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$) (Çizelge 3.90).

Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.91’de, bunlara ait grafik Şekil 3.74’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.91. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$ (μm)	HG
Ağaç Türü	Iroko	1,13	A*
	Dişbudak	1,03	B
Isıl İşlem	Kontrol	1,14	A*
	190°C -1,5 saat	0,99	B
	212°C - 2 saat	1,11	A*
Vernik Çeşidi	ST	1,79	A*
	SÇ	1,48	B
	AK	0,76	C
	PU	0,28	D
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	1,45	A*
	144 saat	0,94	C
	288 saat	0,90	C
	432 saat	1,04	B
	576 saat	1,05	B

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Ra* değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.74. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerine ait yüzey pürüzlülük değerlerine (Ra*) ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü faktörü düzeyinde Ra* değeri (Ra*) irokoda (1,13µm), dişbudakta (1,03 µm) tespit edilmiştir. İki ağaç türüne ait Ra* değerleri birbirine yakın değerler çıkmasına karşın Duncan testi sonuçlarına göre farklı homojenlik grubunda yer aldıkları belirlenmiştir (Çizelge 3.91). Literatürde, [14]'ün yapmış olduğu çalışmada ısıt işlemsiz olarak yüzeylerine su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler ile kaplanarak xenon arc lambası ile 144 ve 288 saat yaşlandırmaya maruz bırakılmış iroko odununa ait ortalama Ra* değeri (2,00 µm) olduğu bildirilmiştir. Aradaki farklılığın ısıt işlem süreci, kullanılan vernik türü farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Isıl işlem düzeyinde, en yüksek Ra* değeri ısıt işlemsiz kontrol örneklerinde (1,14 µm), en düşük değer 190°C'de 1,5 saat ısıt işlem görmüş örneklerde (0,99 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.91). Duncan testi sonucunda ısıt işlemsiz kontrol grubu ve 212°C'de 2 saat ısıt işlem gören örnekler için Ra* değerleri arasında istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde fark olmadığı anlaşılmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Sonuç olarak ısıt işlemin etkisi ile Ra* değeri bir miktar azalmıştır. Süre ve sıcaklık bakımından bakıldığında 190°C'de 1,5 saat ısıt işlem görmüş örneklerde düşük 212°C'de 2 saat ısıt işlem görmüş örneklerde daha yüksek bulunmuştur. Literatürdeki [74]'ün çalışmasında ThermoWood yöntemi uygulanan meşe, sarıçam, kayın örneklerinde Ra* değeri, en yüksek 212°C – 1 saatte (1,22), en düşük 190°C – 2 saatte (0,81) elde edildiği bildirilmiştir. ThermoWood yöntemi uygulanan bu çalışmanın sonuçları ile uyumlu çıkmıştır. [86]'nın çalışmasında yabani kiraz odununa ThermoWood yöntemi ile uygulanan ısıt işlem sonrasında Ra* değerinin sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak azalarak yüzey düzgünlüğünün arttığını bildirilmiştir. Bu sonuçlar ile çalışma sonuçları uyumlu çıkmıştır. Öte yandan literatürde

ThermoWood yöntemi dışındaki uygulanan çalışmalarda, [169]'a göre ısıtıl işlemin ağaç türlerinde yüzey kalitesini iyileştirdiğini bildirmiştir. [170]'e göre, termal olarak modifiye edilen lif levhanın yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği bildirilmiştir. [171]'e göre 180°C'de 10 saat ısıtıl işleme tabi tutulan örneklerin Ra* değeri kontrol örneklerine göre %12,85 oranında azaldığı bildirilmiştir. Literatürde bu sonuçlara benzer farklı çalışmalar mevcuttur [43], [86], [155], [163], [172], [173]. Ayrıca literatürde ThermoWood yöntemine göre yapılan ısıtıl işlem uygulamasının etüv ortamına göre yapılan çalışmalardan daha homojen bir uygulama olduğu için, ağaç malzemenin iç bölgesindeki daha derin kısımlara kadar nüfuz edebildiği ve ayrıca ThermoWood metodunda odunun liflerin yanmasını engelleyen koruyucu buharın yüzey yapısını değiştirmiş olmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir [74].

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde Ra* pürüzlülük değeri en yüksek ST vernikte (1,79 μm), en düşük PU vernikte (0,28 μm) elde edilmiştir. Vernik çeşidi faktörü düzeyinde ortalama Ra* değeri en yüksek ST vernikte (1,79 μm), en düşük sırasıyla PU vernikte (0,28 μm), AK vernik (0,76 μm) ve SÇ vernik kaplı örneklerde (1,48 μm) elde edilmiştir. Dört vernik çeşidi yapılan Duncan testi sonuçlarına göre farklı homojenlik grupları oluşturdukları belirlenmiştir ($\alpha \leq 0,05$) (Çizelge 3.91). Dolayısıyla vernik çeşitlerinin Ra* değeri üzerindeki etkileri birbirinden farklıdır. Literatürdeki [74]'e göre, su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler ile kaplanan katmanda en yüksek Ra* değeri tek bileşenli vernikte (1,41), en düşük Ra* değeri çift bileşenli vernikte (0,56) elde edilmiştir. Çalışma sonuçları bu araştırma sonuçları ile uyumlu çıkmıştır. Ağaç malzeme yüzeyindeki trahe boşluklarının doldurulmasında katı madde miktarının önem arz ettiği düşünülmektedir. Su bazlı tek bileşenli (ST) vernik katmanlarının astar verniğin düşük katı madde miktarına sahip olmasından dolayı çok ince katmanlar oluşturması yüksek Ra* değerinin çıkmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ısıtıl işlem ve yaşlandırma uygulamalarının da etkisiyle yüksek Ra* değerine sahip olabileceği düşünülmektedir. Poliüretan verniğin düşük Ra* değerleri elde edilmesinde dolgu ve son kat vernikteki katı madde miktarlarının yüksek olması ve ağaç malzemenin trahe boşluklarını ST ve SÇ verniğe göre çok daha iyi doldurarak pürüzsüz yüzey oluşturmaktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde Ra* değeri en yüksek yaşlandırılmayan kontrol grubunda (1,45 μm), en düşük 288 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,90 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.91). UV-B 313 EL tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırma faktörü

düzeyinde R_a^* değeri en yüksek kontrol grubunda ($1,45 \mu m$), en düşük sırasıyla 144 saat ($0,94 \mu m$), 288 saat ($0,90 \mu m$), 432 saat ($1,04 \mu m$) ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde ($1,05 \mu m$) elde edilmiştir ($\alpha \leq 0,05$). Ayrıca beş yaşlandırma periyodu varyasyonunun Duncan testi sonuçlarına göre %95 güven düzeyinde üç farklı homojenlik grubu oluşturdukları belirlenmiştir. 144 ve 288 saat yaşlandırılan örnekler için R_a^* değerleri aynı homojenlik grubunda, 432 ve 576 saat UV yaşlandırmaya maruz kalan örnekler ise diğer gruptan daha yüksek R_a^* değerine sahip olmakla birlikte aynı homojenlik grubunda yer aldıkları belirlenmiştir. R_a^* pürüzlülük değeri üzerinde UV-B tipi lamba ile yapılan yaşlandırma işleminin kontrol örneklerine göre 144 saat yaşlandırmada %35,2 oranında azalma göstermiştir. 144 ile 288 saatlik yaşlandırma arasında %4,26 oranında artış meydana gelmiştir. 432 saat ve sonrası 576 saate kadar devam eden UV-B lamba ile yapılan yaşlandırma sürecinde R_a^* değerinin %15 oranında artış göstermesine sebep olmuştur. Dolayısıyla ilk 288 saatlik yaşlandırma yüzey düzgünlüğünde önemli bir iyileşme görülürken, sonrasındaki 288-576 saatlik yaşlandırmada pürüzlülükte artış tespit edilmiştir. Literatürde, [92]'nin çalışmasına göre yaşlandırma sürecinde yüzey geriliminin artmasından dolayı kabarcık oluşumunun gözlemlendiği; kılcal çatlaklıkların oluşmasıyla yüzey pürüzlülük artışının meydana geldiğini bildirmiştir. [174]'e göre doğal yaşlandırma etkisi ile yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı bildirilmiştir. [91]'e göre, poliüretan son kat verniklerinin UV yaşlandırması sonucunda, vernik moleküllerindeki tahribatta UV radyasyonunun ve yüzeyde oluşan yüksek sıcaklığın etkisiyle katmanda kabarcık ve mozaik şeklindeki oluşumların gözlemlendiği ve bunun sonucu olarak yüzey pürüzlülüğünün arttığını bildirmiştir. [14]'ün çalışmasında hızlandırılmış yaşlandırma süresi arttıkça su bazlı verniklerin yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığını bildirmiştir. 144 saat'lik yaşlandırma etkisi, yüzey pürüzlülüğünde kontrol örneğine göre yaklaşık % 54,9 oranında 288 saatlik yaşlandırmada ise, yaklaşık %83,6 oranında pürüzlülük artışı meydana getirdiği bildirilmiştir. [74] yaptığı çalışmada ısıtma işlemi ve yaşlandırma işlemlerinin birlikte uygulandığı su çözünürlü vernik katmanlarında uzun süreli yaşlandırma sürecinin ilk evresinde R_a^* değerinin arttığı, sonraki evrelerde ise azaldığı tespit edildiği bildirilmiştir. yaptığı çalışmada farklı sıcaklıklarda ısıtma işlemi tabii tutulan örneklerin UVA-340 tipi lambalar ile toplam 500 saat ile 1600 saat hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakıldıktan sonra yüzey pürüzlülük değerinin artmasına sebep olduğu bildirilmiştir [173], [174], [175]. UVA-340 tipi lambalar ile toplam 1000 saat hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerin yüzey pürüzlülük değeri, PU

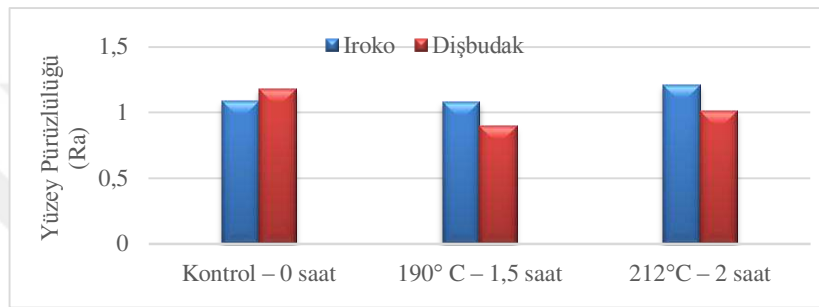
vernikte Ra: %29,0 oranında; su bazlı vernikte Ra: %26,43 oranlarında artış meydana geldiğini ve sonuç olarak pürüzlülüğün arttığını bildirilmiştir [176].

Ağaç türü - ısıt işlem faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.92’de, buna ait grafik Şekil 3.75’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.92. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AB (μm)	Kontrol		190° C – 1,5 saat		212°C – 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	1,09	B	1,08	B	1,21	A*
Dişbudak	1,18	A*	0,90	C	1,01	B

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **B**: Isıt işlem, *: En yüksek ortalama Ra* değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.75. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) karşılaştırma sonuçları.

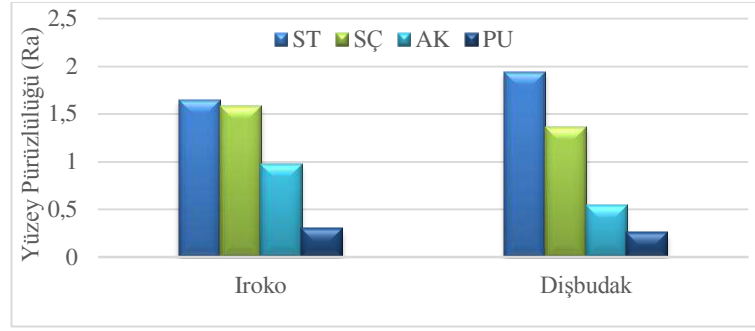
Ağaç türü - ısıt işlem (AB) etkileşimi düzeyinde Ra* değeri en yüksek 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören ıroko (1,21 μm), en düşük değer, 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem gören dişbudak örneklerinde (0,90 μm) elde edilmiştir. Ayrıca ağaç türleri kendi içinde incelendiğinde ıroko için; en yüksek değer 212°C’de 2 saat ısıt işleme tabi tutulmuş olan örneklerde (1,21 μm), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saatlik örneklerinde (1,08 μm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, kontrol örneğinde (1,18 μm), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş olan örneklerde (0,90 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.92).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.93’de, buna ait grafik Şekil 3.76’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.93. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AC (μm)	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	1,65	B	1,59	B	0,98	D	0,30	F
Dişbudak	1,94	A*	1,37	C	0,54	E	0,26	F

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Ra* değerini ifade etmektedir, **A**: Ağaç türü, **C**: Vernik Çeşidi



Şekil 3.76. Ağaç türü ve vernik çeşidi faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) etkileşimi düzeyinde ortalama pürüzlülük değeri en yüksek ST vernik uygulanan dişbudak örneklerinde (1,94 μm), en düşük değer ise yüzeyi PU vernikli iroko örneklerinde (0,26 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.93).

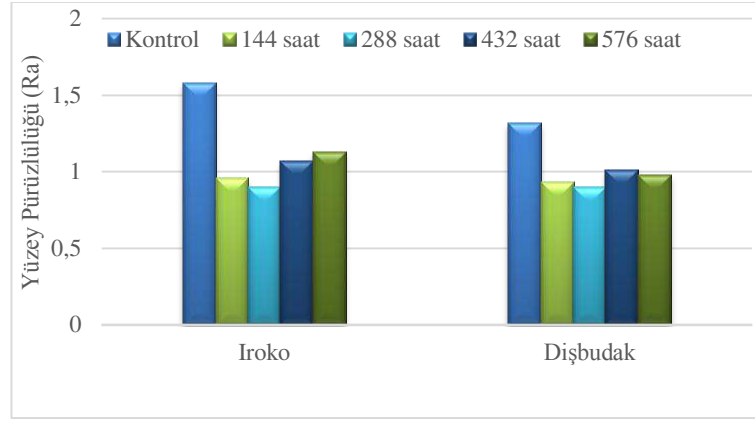
Ayrıca ağaç türleri kendi içinde incelenirse iroko için; en yüksek ST vernik uygulanan örneklerde, en düşük PU vernik uygulanan deney örneklerinde (0,30 μm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek, ST vernik uygulanan örneklerde (1,94 μm), en düşük PU vernik uygulanmış deney örneklerinde (0,26 μm) elde edilmiştir. Şekil 3.76'ye göre iki ağaç türünde de ST verniğin en yüksek Ra* değerine sahip olduğu ve en düşük değere ise PU vernik uygulanmış örneklerde elde edilmiştir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.94'de, bunlara ait grafik Şekil 3.77'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.94. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AD (μm)	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	1,58	A*	0,96	ED	0,90	E	1,07	DC	1,13	C
Dişbudak	1,32	B	0,93	E	0,90	E	1,01	ED	0,98	ED

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu*: En yüksek ortalama Ra* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.77. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) karşılaştırma sonuçları.

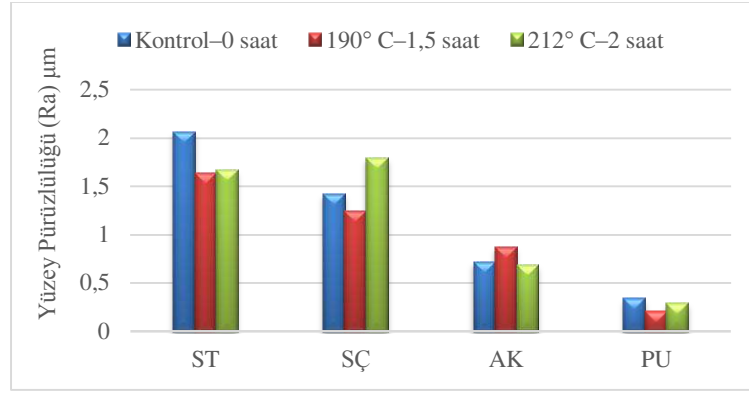
Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) etkileşimi düzeyinde Ra* değeri, yaşlandırılmamış iroko örneklerinde (1,58 μm), en düşük değer iroko ve dişbudak örneklerine ait 288 saatlik yaşlandırılan örneklerde (0,90 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.94). Ayrıca ağaç türleri kendi aralarında incelendiğinde iroko için; en yüksek kontrol örneklerinde (1,58 μm), en düşük 288 saat hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (0,90 μm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer, yaşlandırılmamış kontrol örneğinde (1,32 μm), en düşük değer ise, 288 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,90 μm) elde edilmiştir. Her iki ağaç türünde de yaşlandırılmamış örneklerde Ra* değerleri yüksek ve sonrasında yapılan hızlandırılmış UV yaşlandırma işleminin süresine bağlı olarak kontrole göre nispeten daha düşük değerler elde edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.95’de, buna ait grafik Şekil 3.78’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.95. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BC (μm)	ST		SC		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	2,06	A*	1,42	D	0,72	G	0,34	H
190° C-1,5 saat	1,64	C	1,24	E	0,87	F	0,21	I
212° C-2 saat	1,67	CB	1,79	B	0,69	G	0,29	HI

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Ra* değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.78. Isıl işlem ve vernik çeşidi faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) karşılaştırma sonuçları.

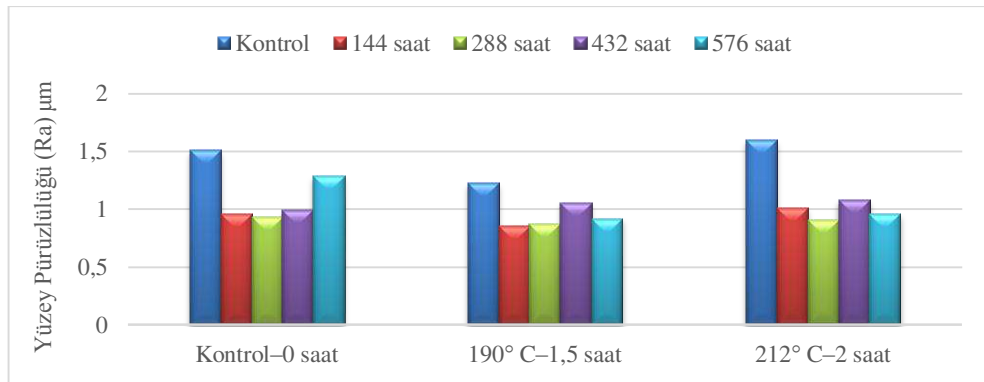
Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktörü etkileşimi düzeyinde Ra* değeri en yüksek ısıtıl işlem görmemiş olan ve yüzeylerine ST vernik uygulanan kontrol örneklerinde (2,06 µm), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıtıl işlem görmüş ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış örneklerde (0,21 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.95).

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.96’da bunlara ait grafik Şekil 3.79’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.96. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BD (µm)	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	1,51	A*	0,96	EDC	0,93	EDC	0,99	EDC	1,29	B
190° C-1,5 saat	1,23	B	0,86	E	0,87	E	1,06	DC	0,92	ED
212° C-2 saat	1,60	A*	1,01	EDC	0,91	E	1,08	C	0,96	EDC

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Ra* değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.79. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) etkileşimi düzeyinde ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri en yüksek, 212°C’de 2 saat ısıtıl işlem görmüş örneklerin yaşlandırılmamış kontrol

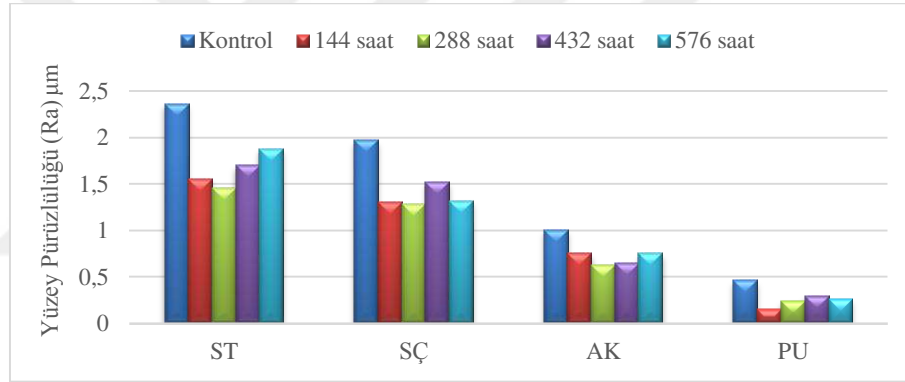
örneklerinde (1,60 μm) elde edilmiştir. En düşük değer 190°C’de 1,5 saat ısı işlem görmüş örneklerin 144 saat yaşlandırılmış örneklerinde (0,86 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.96).

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.97’de, bunlara ait grafik Şekil 3.80’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.97. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör CD (μm)	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	2,36	A*	1,56	DC	1,46	ED	1,70	C	1,88	B
SÇ	1,97	B	1,31	FE	1,28	F	1,52	D	1,32	FE
AK	1,00	G	0,75	H	0,63	H	0,65	H	0,75	H
PU	0,46	I	0,15	J	0,24	J	0,30	J	0,26	J

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama R_a^* değerini ifade etmektedir, C: Vernik türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.80. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_a^*) karşılaştırma sonuçları.

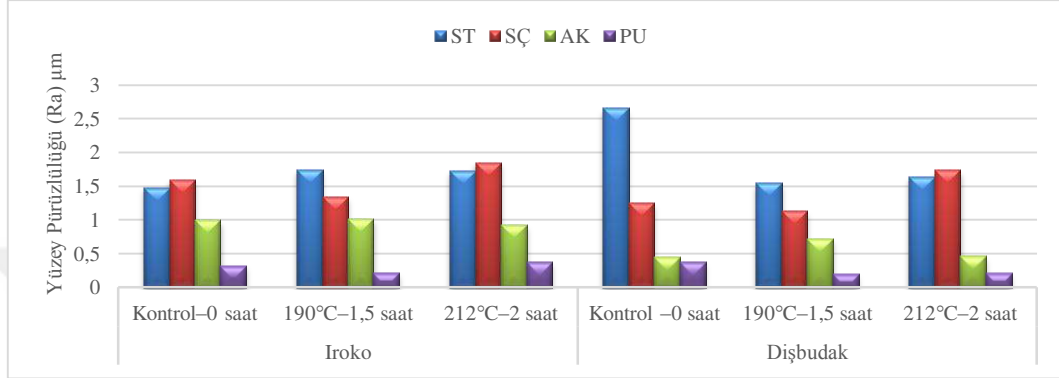
Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) etkileşimi düzeyinde R_a^* değeri en yüksek yüzeylerine ST vernikli ve yaşlandırılmayan kontrol örneklerinde (2,36 μm), en düşük değer ise yüzeylerine PU vernik uygulanan ve 144 saat yaşlandırılan örneklerde (0,15 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.97). Bütün vernik türlerinde yaşlandırılmamış kontrol örneklerde en yüksek değerler elde edilirken yaşlandırılmayla birlikte farklı oranlarda azalma meydana gelmiştir.

Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.98’de, bunlara ait grafik Şekil 3.81’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.98. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC (µm)		ST		SÇ		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	1,48	FE	1,59	EDC	0,99	JI	0,32	ML
	190°C-1,5 saat	1,74	CB	1,34	GF	1,01	JI	0,22	M
	212°C-2 saat	1,72	DCB	1,85	B	0,93	J	0,37	ML
Dişbudak	Kontrol	2,65	A*	1,25	HG	0,44	L	0,37	ML
	190°C-1,5 saat	1,54	ED	1,13	IH	0,72	K	0,20	M
	212°C-2 saat	1,63	EDC	1,73	CB	0,46	L	0,21	M

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Ra* değerini ifade etmektedir. A: Ağaç Türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.81. Vernik çeşidi ve ısıt işlem faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktörü (ABC) etkileşim düzeyinde Ra* değeri en yüksek yüzeylerinde ST vernik uygulanan ısıt işlemsiz dişbudak kontrol örneklerinde (2,65 µm), en düşük değer 190°C'de 1,5 saat ısıt işlem görmüş ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış dişbudak örneklerinde (0,20 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.98).

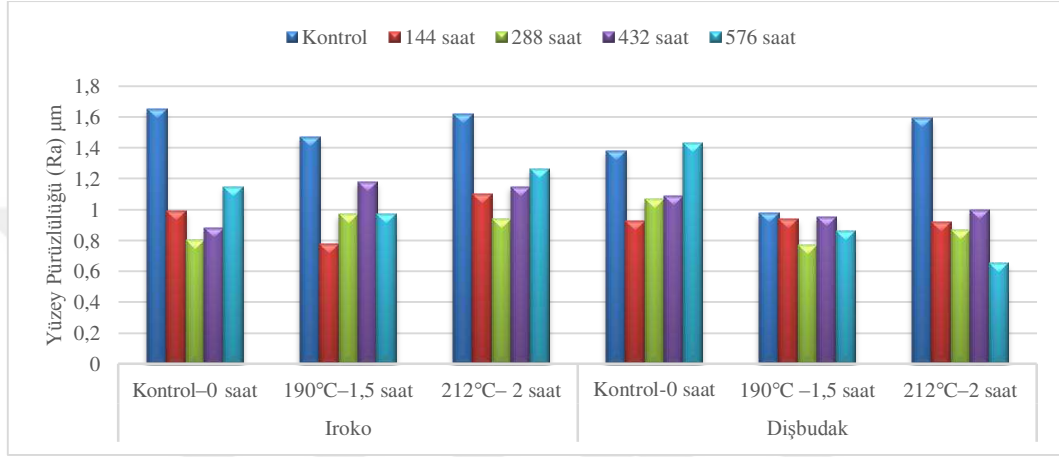
Ayrıca ağaç türleri kendi aralarında incelendiğinde iroko için en yüksek değer 212°C'de 2 saat ısıt işlem görmüş ve yüzeylerine SÇ vernik uygulanan örneklerinde (1,85 µm) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C'de 1,5 saat ısıt işlem görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanmış örneklerde (0,22 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer yüzeyine ST vernik uygulanmış kontrol örneklerinde (2,65 µm), en düşük değer ise 190°C'de 1,5 saat ısıt işlem görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanan örneklerde (0,20 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.98).

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.99'da, bunlara ait grafik Şekil 3.82'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.99. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD (µm)		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	1,65	A*	0,99	L-F	0,80	M-K	0,88	L-I	1,15	H-E
	190°C-1,5 saat	1,47	C-A	0,78	M-L	0,97	L-F	1,18	FE	0,97	L-F
	212°C-2 saat	1,62	BA	1,10	I-E	0,94	L-G	1,15	G-E	1,26	ED
Dişbudak	Kontrol	1,38	DC	0,93	L-H	1,07	J-E	1,09	J-E	1,43	D-B
	190°C-1,5 saat	0,98	L-F	0,94	L-G	0,77	ML	0,95	L-G	0,86	M-J
	212°C-2 saat	1,59	BA	0,92	L-H	0,87	L-I	1,00	K-F	0,65	M

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu*: En yüksek ortalama Ra* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.82. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) karşılaştırma sonuçları.

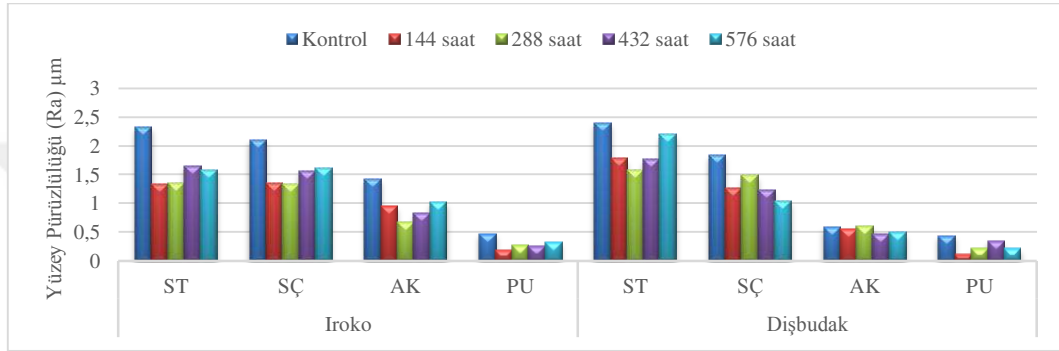
Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktörü etkileşiminde Ra* değeri en yüksek irokonun ısıt işlem görmeyen ve yaşlandırılmayan kontrol örneklerinde (1,65 µm), en düşük değer ise, dişbudak 212°C'de 2 saat ısıt işleme maruz kalan ve 576 saat yaşlandırılan örneklerde (0,65 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.99). Ayrıca ağaç türleri kendi aralarında incelendiğinde iroko için en yüksek değer ısıt işlemsiz kontrol örneklerinin yaşlandırılmamış kontrol grubunda (1,65 µm), en düşük değer ise 190°C'de 1,5 saat ısıt işlem görmüş ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,78 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer 212°C'de 2 saat ısıt işlem görmüş olan deney örneklerinin yaşlandırılmamış kontrol grubunda (1,59 µm), en düşük değer ise yine 212°C'de 2 saat ısıt işlem görmüş ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde (0,65 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.99).

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.100'de, bunlara ait grafik Şekil 3.83'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.100. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD (µm)		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	2,32	BA	1,34	GF	1,35	GF	1,64	EDC	1,58	FED
	SÇ	2,10	B	1,35	GF	1,34	GF	1,56	FED	1,60	EDC
	AK	1,42	GFE	0,95	J	0,67	KI	0,83	IJ	1,02	JH
	PU	0,47	N-K	0,19	P	0,27	PON	0,26	PON	0,32	P-M
Dişbudak	ST	2,40	A*	1,78	DC	1,58	FED	1,76	DC	2,19	BA
	SÇ	1,84	C	1,27	G	1,48	GFE	1,23	GFE	1,04	JH
	AK	0,59	LK	0,56	MLK	0,60	K	0,47	N-K	0,49	N-K
	PU	0,44	O-L	0,11	P	0,21	PO	0,35	P-L	0,21	PO

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Ra* değerini ifade etmektedir, **A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.83. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) karşılaştırma sonuçları.

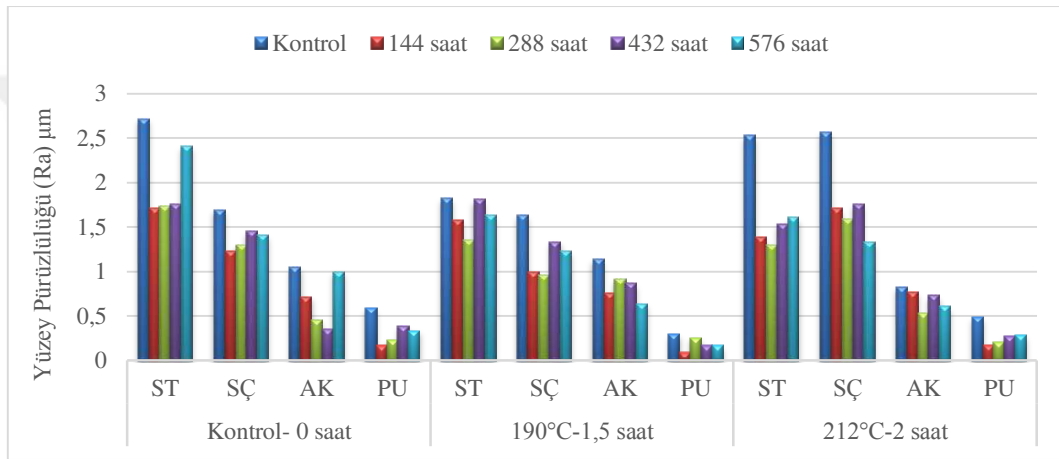
Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü etkileşim düzeyinde Ra* değeri en yüksek yüzeylerine ST vernik uygulanan ve yaşlandırma görmeyen dişbudak kontrol örneklerinde (2,40 µm), en düşük değer ise yüzeylerine PU vernik uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılan dişbudak ve iroko örneklerinde (0,11 µm) elde edilmiştir. Ayrıca ağaç türleri kendi içinde incelenecek olursa iroko için en yüksek değer, yüzeyine ST vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (2,32 µm) elde edilmiştir. En düşük ise yüzeyine PU vernik uygulanmış ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (2,40 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer yüzeyine ST vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerde (2,40 µm) en düşük ise yüzeyine PU vernik uygulanan 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,11 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.100).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.101'de, bunlara ait grafik Şekil 3.84'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.101. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD (µm)		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	2,72	A*	1,71	EDC	1,73	EDC	1,76	DC	2,41	B
	SÇ	1,70	F-C	1,23	M-I	1,30	L-H	1,45	J-D	1,41	J-D
	AK	1,05	O-K	0,72	T-P	0,46	X-T	0,35	Y-U	1,00	P-L
	PU	0,59	V-R	0,17	YX	0,24	Y-V	0,39	Y-U	0,34	Y-U
190°C-1,5 saat	ST	1,83	C	1,58	H-C	1,36	K-G	1,81	C	1,63	G-C
	SÇ	1,64	G-C	1,00	P-L	0,96	P-M	1,34	K-G	1,23	M-I
	AK	1,14	N-J	0,76	S-O	0,92	Q-N	0,87	R-N	0,64	U-Q
	PU	0,30	Y-V	0,09	Y	0,26	YXW	0,17	YXW	0,17	YX
212°C-2 saat	ST	2,53	BA	1,39	J-E	1,30	L-H	1,54	I-C	1,61	H-C
	SÇ	2,57	BA	1,71	EDC	1,59	H-C	1,76	DC	1,33	K-G
	AK	0,83	S-O	0,77	S-O	0,53	W-S	0,73	S-P	0,61	U-Q
	PU	0,49	X-T	0,18	YX	0,21	YX	0,28	Y-V	0,29	Y-V

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Ra* değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.84. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) karşılaştırma sonuçları.

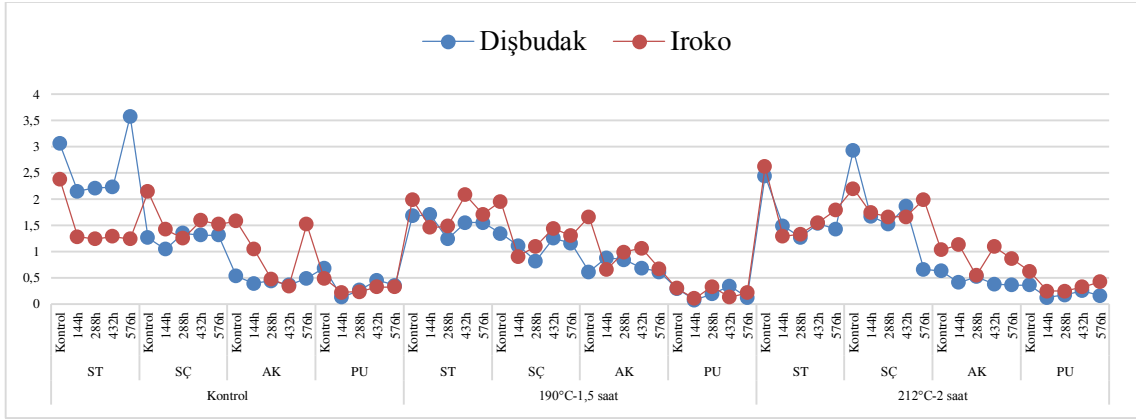
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü etkileşimi düzeyinde Ra* değeri için en yüksek ısıl işlemsiz kontrol üzerine uygulanan ST vernik uygulanmış ve yaşlandırma görmemiş kontrol örneklerinde (2,72 µm) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C'de 1,5 saat ısıl işlem gören ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,09 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.101).

Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan dördü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.102'de, bunlara ait grafik Şekil 3.85'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.102. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra*) Duncan testi sonuçları.

Faktör (ABCD) / Ağaç türü(A) (µm)			İroko		Dişbudak	
Isıt işlem (B)	Vernik çeşidi (C)	Yaşlandırma periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	HG	Ortalama ($\bar{X}$)	HG
Kontrol	ST	Kontrol	2,38	FED	3,06	B
		144 saat	1,28	a-O	2,15	H-E
		288 saat	1,24	a-P	2,21	G-D
		432 saat	1,29	a-O	2,23	G-D
		576 saat	1,24	a-P	3,58	A*
	SÇ	Kontrol	2,14	H-E	1,26	a-P
		144 saat	1,42	W-M	1,04	e-V
		288 saat	1,25	a-P	1,35	X-N
		432 saat	1,59	Q-J	1,31	Z-N
		576 saat	1,52	U-K	1,31	Z-N
	AK	Kontrol	1,58	R-J	0,53	p-g
		144 saat	1,05	e-U	0,39	p-i
		288 saat	0,47	p-g	0,44	p-g
		432 saat	0,34	p-k	0,36	p-j
		576 saat	1,52	U-K	0,49	p-g
	PU	Kontrol	0,49	p-g	0,68	k-a
		144 saat	0,22	p-k	0,13	p
		288 saat	0,23	p-k	0,26	p-k
		432 saat	0,32	p-k	0,45	p-g
		576 saat	0,32	p-k	0,35	p-j
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	1,99	K-F	1,68	P-I
		144 saat	1,46	W-M	1,70	P-H
		288 saat	1,48	V-M	1,24	a-P
		432 saat	2,08	I-E	1,55	U-J
		576 saat	1,71	P-H	1,55	T-J
	SÇ	Kontrol	1,95	L-F	1,34	Y-N
		144 saat	0,90	g-X	1,11	c-R
		288 saat	1,10	c-R	0,82	j-a
		432 saat	1,44	W-M	1,25	a-P
		576 saat	1,30	Z-O	1,16	a-Q
	AK	Kontrol	1,66	P-I	0,61	o-e
		144 saat	0,65	m-c	0,88	h-X
		288 saat	0,99	F-W	0,84	i-Z
		432 saat	1,06	e-T	0,68	k-b
		576 saat	0,67	l-b	0,61	o-e
	PU	Kontrol	0,30	p-k	0,29	p-k
		144 saat	0,10	p	0,07	p
		288 saat	0,33	p-k	0,19	p-l
		432 saat	0,13	po	0,34	p-k
		576 saat	0,21	p-k	0,12	p
212°C - 2 saat	ST	Kontrol	2,62 *	DC	2,44	ED
		144 saat	1,29	a-O	1,49	V-L
		288 saat	1,33	Y-N	1,27	a-O
		432 saat	1,55	S-J	1,53	U-J
		576 saat	1,79	N-G	1,43	W-M
	SC	Kontrol	2,20	G-D	2,93	CB
		144 saat	1,74	O-H	1,67	P-I
		288 saat	1,66	P-I	1,52	U-K
		432 saat	1,66	P-I	1,86	M-G
		576 saat	1,99	J-F	0,66	l-c
	AK	Kontrol	1,03	e-V	0,63	n-d
		144 saat	1,13	b-Q	0,41	p-h
		288 saat	0,54	p-f	0,52	p-g
		432 saat	1,09	d-S	0,38	p-i
		576 saat	0,86	h-Y	0,36	p-j
	PU	Kontrol	0,62	o-e	0,36	p-j
		144 saat	0,24	p-k	0,12	p
		288 saat	0,24	p-k	0,17	p-m
		432 saat	0,32	p-k	0,25	p-k
		576 saat	0,42	P-h	0,16	p-n

X: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek Ra* değerini ifade etmektedir, B: Isıt İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.85. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin dörtlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Ra^*) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü dörtlü etkileşim düzeyinde (Ra^*) değeri en yüksek, ısıt işlemsiz dişbudak örneklerinin ST vernikle kaplandıktan sonra 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde ($3,58 \mu m$), en düşük değer ise $190^\circ C$ 'de 1,5 saat ısıt işlem gören dişbudak örneklerinin PU vernik uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılmış örneklerinde ($0,07 \mu m$) elde edilmiştir (Çizelge 3.102).

Ağaç türlerini kendi içinde incelersek iroko için Ra^* değeri en yüksek $212^\circ C$ 'de 2 saat ısıt işlem gördükten sonra yüzeylerine SÇ vernik uygulanmış ve yaşlandırılmış yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde ($2,62 \mu m$) elde edilmiştir. En düşük değer ise $190^\circ C$ 'de 1,5 saat süreyle ısıt işlem görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılmış iroko örneklerinde ($0,10 \mu m$) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek ısıt işlemsiz kontrol örnekleri yüzeylerine ST vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde ($3,58 \mu m$) elde edilmiştir. En düşük değer $190^\circ C$ 'de 1,5 saat ısıt işlem görmüş ve PU vernik uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılmış örneklerinde ($0,07 \mu m$) elde edilmiştir. Dolayısıyla $190^\circ C$ 'de 1,5 saat süreyle ısıt işlem görüp 144 ve 576 saat yaşlandırılan örnekler için Ra^* değerleri aralarında istatistiksel olarak benzer ve en düşük değerler olarak elde edilmiştir (Çizelge 3.102).

3.5.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümlerine Ait Rq^* Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıt işlem gören iroko ve dişbudak deney malzemeleri, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra 0-576 saat UVB-313 tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılan deney örnekleri yüzeylerinden elde edilen Rq^* pürüzlülük ortalama değerleri ve bu değerlere ait standart sapma değerleri Çizelge 3.103'de verilmiştir.

Çizelge 3.103. Yüzey pürüzlülüğü (Rq*) ölçüm değerleri.

Kaynak (Rz*) / Ağaç Türü (A) (µm)			İroko		Dişbudak	
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama (X̄)	Standart Sapma (Ss)	Ortalama (X̄)	Standart Sapma (Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	3,00	0,60	3,48	0,84
		144 saat	1,61	0,49	2,72	1,53
		288 saat	1,55	0,62	2,80	0,97
		432 saat	1,67	0,54	2,83	1,48
		576 saat	1,52	0,28	4,54	0,90
	SÇ	Kontrol	2,57	0,82	1,72	0,44
		144 saat	1,77	0,58	1,27	0,29
		288 saat	1,63	0,82	1,71	1,14
		432 saat	2,01	0,46	1,65	0,76
		576 saat	1,92	0,45	1,65	0,76
	AK	Kontrol	1,48	0,70	0,66	0,32
		144 saat	1,27	0,39	0,47	0,17
		288 saat	0,59	0,18	0,47	0,34
		432 saat	0,45	0,15	0,52	0,14
		576 saat	1,92	0,45	0,63	0,23
	PU	Kontrol	0,66	0,19	0,96	0,26
		144 saat	0,27	0,13	0,15	0,03
		288 saat	0,29	0,09	0,33	0,32
		432 saat	0,40	0,19	0,46	0,49
		576 saat	0,40	0,19	0,46	0,49
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	2,91	0,74	2,19	0,49
		144 saat	1,85	0,49	2,40	1,27
		288 saat	1,79	0,30	1,48	0,36
		432 saat	2,60	0,64	1,94	1,09
		576 saat	2,13	0,45	2,00	0,57
	SÇ	Kontrol	2,71	0,43	1,79	0,20
		144 saat	1,12	0,29	1,39	0,39
		288 saat	1,41	0,26	1,05	0,33
		432 saat	1,80	0,37	1,60	0,35
		576 saat	1,60	0,39	1,43	0,42
	AK	Kontrol	2,51	0,90	0,75	0,22
		144 saat	0,85	0,30	1,07	0,57
		288 saat	1,63	0,63	1,02	0,66
		432 saat	1,38	1,01	0,86	0,38
		576 saat	0,84	0,43	0,75	0,22
	PU	Kontrol	0,48	0,11	0,48	0,12
		144 saat	0,14	0,04	0,09	0,02
		288 saat	0,40	0,16	0,23	0,13
		432 saat	0,18	0,09	0,26	0,07
		576 saat	0,37	0,29	0,18	0,13
212°C-2 saat	ST	Kontrol	3,78	0,97	2,96	0,52
		144 saat	1,70	0,45	1,77	0,42
		288 saat	1,58	0,18	1,55	0,16
		432 saat	2,17	1,26	1,93	1,19
		576 saat	2,54	1,13	1,84	0,96
	SÇ	Kontrol	2,85	0,49	3,91	0,43
		144 saat	2,19	0,57	2,17	1,11
		288 saat	2,05	0,54	1,86	0,89
		432 saat	2,09	0,64	2,33	0,32
		576 saat	2,44	0,49	0,81	0,33
	AK	Kontrol	1,33	0,69	0,89	0,36
		144 saat	1,45	0,67	0,57	0,31
		288 saat	0,68	0,23	0,67	0,70
		432 saat	1,37	0,76	0,50	0,19
		576 saat	1,09	0,36	0,45	0,16
	PU	Kontrol	0,82	0,24	0,50	0,07
		144 saat	0,31	0,25	0,15	0,04
		288 saat	0,44	0,59	0,23	0,16
		432 saat	0,41	0,25	0,31	0,07
		576 saat	0,55	0,21	0,21	0,05

X: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma, A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu,

Çizelge 3.103'e göre yüzey pürüzlülüğü Rq* değerleri için ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyoduna göre farklı değerler elde edilmiştir. Bu farklılığın hangi

faktörden kaynaklandığını ortaya çıkarmak amacıyla Çoklu Varyans Analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 3.104’de verilmiştir.

Çizelge 3.104. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzey pürüzlülüğü değerlerine (R_q^*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalama	F değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç Türü (A)	7,385	1	7,385	22,771	0,000*
Isıl işlem (B)	4,709	2	2,354	7,26	0,001*
Vernik çeşidi (C)	682,527	3	227,5	701,505	0,000*
Yaşlandırma (D)	85,159	4	21,29	65,645	0,000*
Etkileşim (AD)	11,947	2	5,973	18,419	0,000*
Etkileşim (AC)	27,784	3	9,261	28,556	0,000*
Etkileşim (AB)	5,438	4	1,36	4,192	0,002*
Etkileşim (BC)	38,778	6	6,463	19,928	0,000*
Etkileşim (BD)	14,482	8	1,81	5,582	0,000*
Etkileşim (CD)	26,393	12	2,199	6,782	0,000*
Etkileşim (ABC)	38,598	6	6,433	19,835	0,000*
Etkileşim (ABD)	19,638	8	2,455	7,569	0,000*
Etkileşim (ACD)	14,549	12	1,212	3,738	0,000*
Etkileşim (BCD)	25,889	24	1,079	3,326	0,000*
Etkileşim (ABCD)	33,257	24	1,386	4,273	0,000*
Hata	350,261	1080	0,324		
Toplam	3670,697	1200			

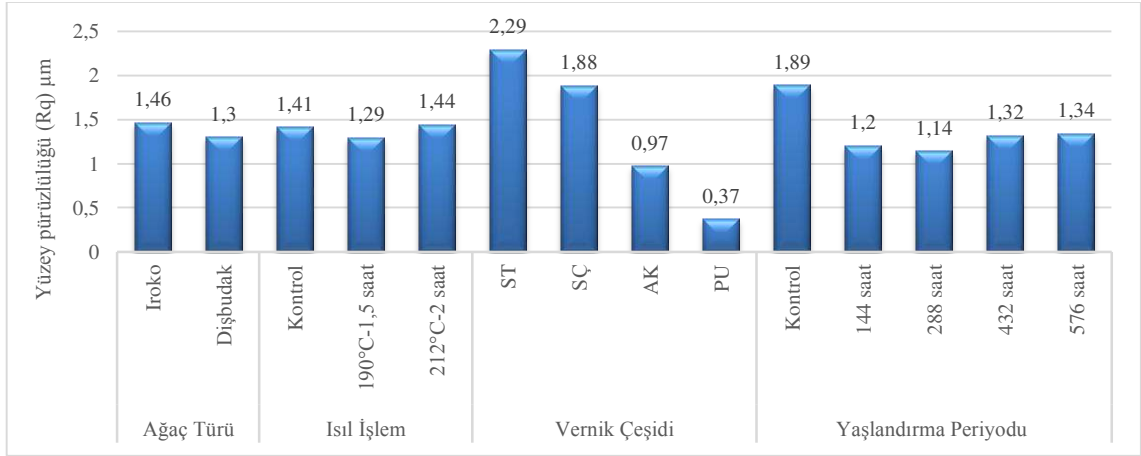
*: Anlamlı ($\alpha=0,05$ ’e göre), **ns: Önemsiz

Varyans analiz sonucuna göre, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı bütün etkileşimleri anlamlı çıkmıştır (Çizelge 3.104). Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.105’de, bunlara ait grafik Şekil 3.86’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.105. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör	$\bar{X}$ (μm)	HG
Ağaç Türü	Iroko	A*
	Dişbudak	B
Isıl İşlem	Kontrol	A*
	190°C-1,5 saat	B
	212°C-2 saat	A*
Vernik Çeşidi	ST	A*
	SÇ	B
	AK	C
	PU	D
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	A*
	144 saat	C
	288 saat	C
	432 saat	B
	576 saat	B

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama R_q^* değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.86. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin yüzey pürüzlülük değeri (Rq*) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü faktörü düzeyinde Rq* değeri irokoda (1,46 µm), dişbudakta (1,30 µm) tespit edilmiştir (Çizelge 3.105). Duncan testi sonuçlarına göre her bir ağaç türü farklı homojenlik grubunda yer aldığı belirlenmiştir ($\alpha \leq 0,05$). Yüzey işlemleri bakımından aynı süreçlere tabi tutulan deney örneklerine ait yüzey pürüzlülüğündeki Rq* değerinin farklı olması ağaç malzemelerin anatomik yapısındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Isıl işlem düzeyinde Rq* değeri en yüksek 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş örneklerde (1,44 µm), en düşük değer 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş örneklerde (1,29 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.105). Ayrıca kontrol ve 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş örnek grupları arasında istatistiki olarak %95 güven düzeyinde herhangi bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 3.105).

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde Rq* değeri en yüksek ST vernikte (2,29 µm), en düşük PU vernikte (0,37 µm) elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülük değeri sırasıyla PU vernikte (0,37 µm), AK vernikte (0,97 µm), SÇ vernikte (1,88 µm), ST vernikte (2,29 µm), olduğu tespit edilmiştir. Yapılan Duncan testi sonucunda istatistiki olarak %95 güven düzeyinde her bir verniğin farklı homojenlik grubunda yer alarak, Rq* değeri üzerine etkisinin farklı olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 3.105). Bu farklılığın verniklerin bileşenlerinde bulunan ana bağlayıcı reçine özellikleri, modifiye elamanları, dolgu gereçleri ve nihayetinde katman özelliklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim tüm deney örneklerine aynı perdah işlemleri uygulandığı göz önünde bulundurulduğunda ağaç malzemenin yüzeyinde benzer katmanlar elde edildiği söylenebilir.

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde Rq* yüzey pürüzlülüğü değeri en yüksek kontrol grubunda (1,89 µm), en düşük 288 saat yaşlandırılmış örneklerde (1,14 µm) elde

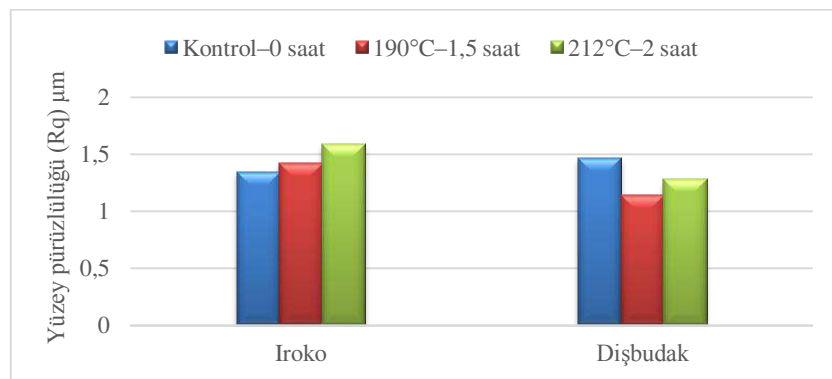
edilmiştir. Ayrıca yapılan Duncan testi homojenlik gruplarında istatistiki olarak % 95 güven düzeyinde 144 saat ile 288 saat yaşlandırılan örnekler; 432 saat ile 576 saat yaşlandırılmış örnekler için R_q^* değerleri kendi aralarında benzerdir. Araştırmada UV-B 313 EL tipi ile yapılan hızlandırılmış yaşlandırma gören deney örneklerine ait R_q^* değerleri yaşlandırma süresinin artmasına bağlı olarak ilk 288 saat'e kadar azalma eğiliminde olmuş fakat 288 saat sonrasında ise R_q^* değeri artma eğilimi göstermiştir. Literatürdeki [173]'ün çalışmasına göre yapay yaşlandırma ile pürüzlülük değerlerinin arttığı bildirilmiştir. [176]'nın çalışmasına göre UVA-340 tipi lambalar ile toplam 1000 saat hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakıldıktan sonra yüzey pürüzlülük değerlerine, PU vernikte %57,38 oranında; su bazlı vernikte %7,62 oranında artış meydana geldiği ve sonuç olarak pürüzlülüğün arttığı bildirilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir [174], [175]. Farklı çalışmalarda ısıtma işlemli ağaç malzemenin hızlandırılmış yaşlandırma sonrasında su bazlı tek ve çift bileşenli vernikli yüzeylere ait pürüzlülük değerinin azaldığı bildirilmiştir [74].

Ağaç türü - ısıtma işlem faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.106'da, bunlara ait grafik Şekil 3.87'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.106. Ağaç türü - ısıtma işlem ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AB (μm)	Kontrol		190°C-1,5 saat		212°C-2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	1,35	DC	1,43	CB	1,59	A*
Dişbudak	1,47	B	1,15	E	1,28	D

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, B: Isıtma işlem, *: En yüksek ortalama R_q^* değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.87. Ağaç türü ve ısıtma işlem faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü - ısıtma işlem faktörü (AB) etkileşimi düzeyinde R_q^* değeri en yüksek irokonun 212°C'de 2 saat ısıtma işlem gören örneklerinde (1,59 μm), en düşük değer dişbudak 190°C'de ısıtma işlem gören örneklerde (1,15 μm) elde edilmiştir. Ayrıca ağaç türleri kendi

içlerinde incelenecek olursa iroko için en yüksek değer 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi tabii tutulmuş olan örneklerde (1,59 μm), en düşük değer ise ısıtma işlemi uygulanmamış olan kontrol örneklerinde (1,15 μm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer kontrol örneklerinde (1,47 μm), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlemi görmüş olan örneklerde (1,15 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.106).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.107’de, bunlara ait grafik Şekil 3.88’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.107. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AC (μm)	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	2,16	B	2,01	C	1,26	E	0,41	G
Dişbudak	2,43	A*	1,76	D	0,68	F	0,33	G

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama R_q^* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.88. Ağaç türü ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük (R_q^*) değerleri karşılaştırma sonuçları.

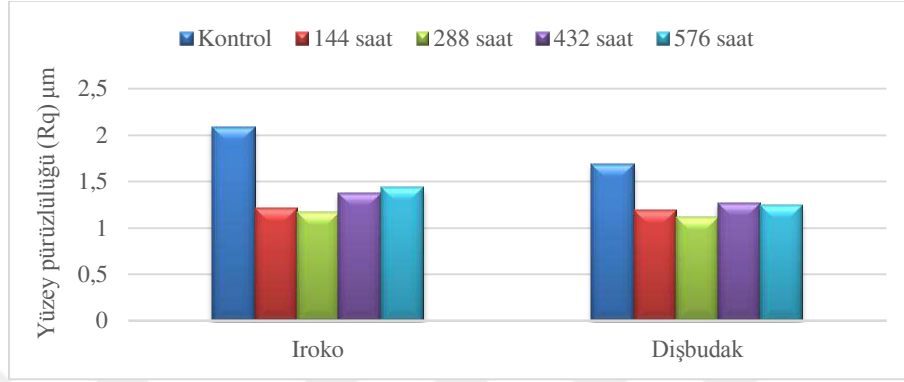
Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü (AC) etkileşimi düzeyinde R_q^* pürüzlülük değeri iroko için en yüksek ST vernik (2,16 μm), en düşük PU vernik uygulanan deney örneklerinde (0,41 μm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek, ST vernik (2,43 μm), en düşük PU vernik uygulanmış deney örneklerinde (0,33 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.107). Şekil 3.88’e göre iki ağaç türünde de ST verniklerin en yüksek yüzey pürüzlülük (R_q^*) değerine sahip olduğu ve PU vernik uygulanmış örneklerinde en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.108’de verilerek, bunlara ait grafik Şekil 3.89’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.108. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AD (μm)	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	2,09	A*	1,21	E	1,17	E	1,38	DC	1,44	C
Dişbudak	1,69	B	1,19	E	1,12	E	1,27	ED	1,25	ED

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu*: En yüksek ortalama Rq* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.89. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) karşılaştırma sonuçları.

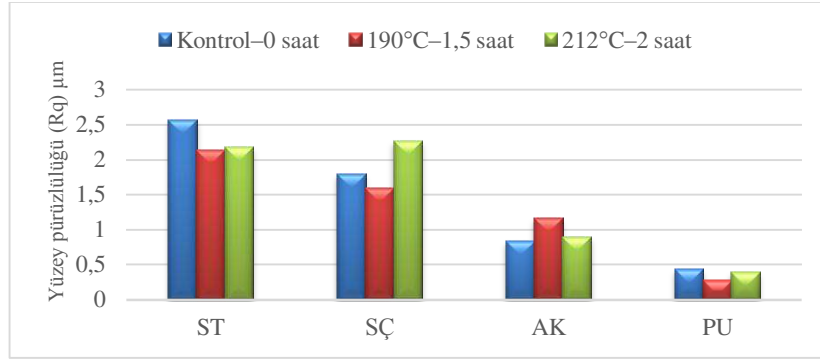
Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktörü etkileşimi düzeyinde Rq* değeri iroko için en yüksek kontrol örneklerinde (2,09 μm), en düşük 288 saat hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (1,17 μm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer yaşlandırılmamış kontrol örneğinde (1,69 μm), en düşük değer ise 288 saat yaşlandırılmış örneklerde (1,12 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.108).

Isıl işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.109'da, buna ait grafik Şekil 3.90'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.109. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BC (μm)	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	2,57	A*	1,79	C	0,84	F	0,44	G
190°C–1,5 saat	2,13	B	1,59	D	1,17	E	0,28	G
212°C–2 saat	2,18	B	2,27	B	0,90	F	0,39	G

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rq* değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.90. Isıl işlem ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) karşılaştırma sonuçları.

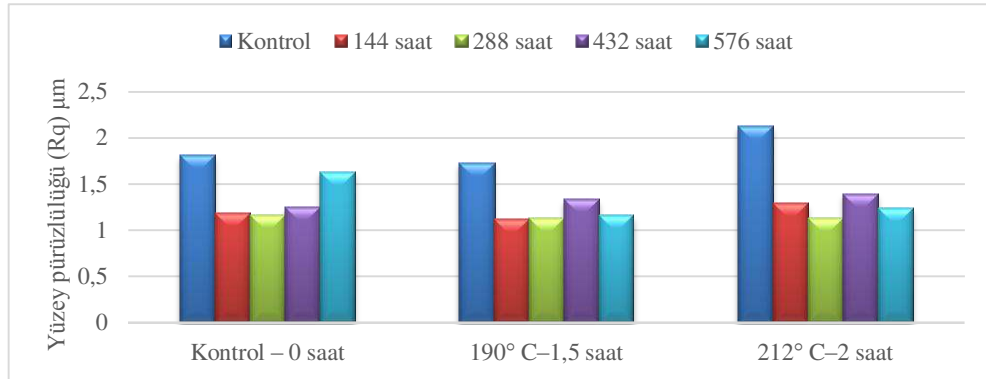
Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktörü etkileşimi düzeyinde Rq* değeri en yüksek ısıtıl işlem görmemiş olan ve yüzeylerine ST vernik uygulanan kontrol örneklerinde (2,57 μm), en düşük değer ise yüzeylerine PU vernik uygulanan 190°C’de ısıtıl işlem gören örneklerde (0,28 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.109).

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.110’da, bunlara ait grafik Şekil 3.91’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.110. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BD (μm)	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	1,81	B	1,19	EDC	1,17	ED	1,25	EDC	1,63	B
190° C-1,5 saat	1,73	B	1,12	E	1,13	ED	1,33	DC	1,16	ED
212° C-2 saat	2,13	A*	1,29	EDC	1,13	ED	1,39	C	1,24	EDC

X: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rz* değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.91. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) faktörü etkileşimi düzeyinde Rq* değeri en yüksek 212°C’de 2 saat ısıtıl işlem görmüş örneklerin yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (2,13

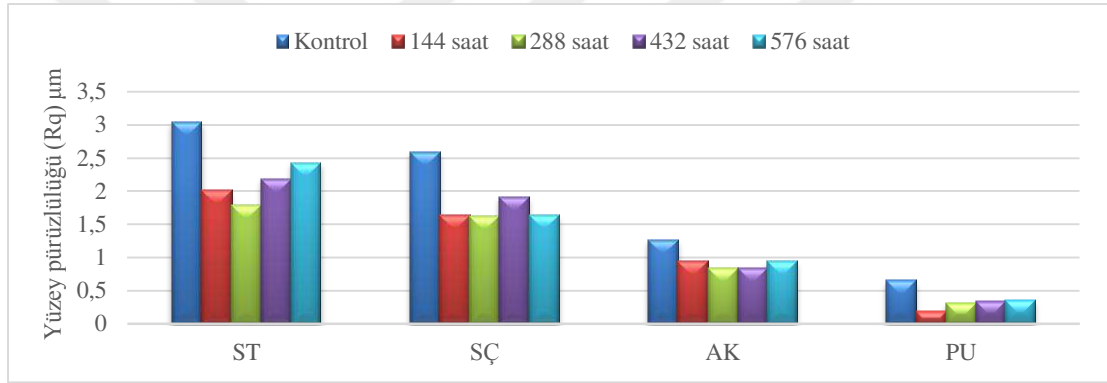
μm), en düşük değer 190°C 'de 1,5 saat ısııl işlem görmüş örneklerin 144 saat yaşlandırılmış örneklerde ($1,12\ \mu\text{m}$) elde edilmiştir (izelge 3.110).

Vernik eşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları izelge 3.111'de, bunlara ait grafik şekil 3.92'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.111. Vernik eşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör CD (μm)	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	3,05	A*	2,01	DC	1,79	FE	2,19	C	2,43	B
S	2,59	B	1,65	F	1,62	F	1,91	ED	1,64	F
AK	1,27	G	0,95	H	0,84	IH	0,85	IH	0,95	H
PU	0,65	I	0,19	J	0,32	J	0,34	J	0,36	J

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama R_q^* değerini ifade etmektedir, C: Vernik türü, D: Yaşlandırma Periyodu



şekil 3.92. Vernik eşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.

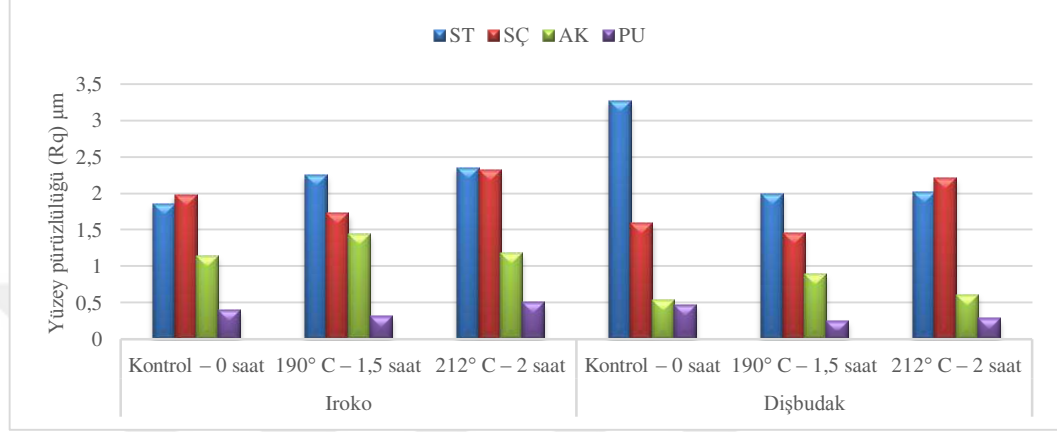
Vernik eşidi - yaşlandırma periyodu (CD) faktörü etkileşimi düzeyinde R_q^* değeri yüksek yüzeylerine ST vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan kontrol örneklerinde ($3,05\ \mu\text{m}$), en düşük değer ise yüzeylerine PU vernik uygulanan ve 144 saat yaşlandırılan örneklerde ($0,19\ \mu\text{m}$) elde edilmiştir (izelge izelge 3.111). Bütün vernik türlerinde yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde en yüksek R_q^* değerleri elde edilirken yaşlandırılmayla birlikte farklı oranlarda azalma veya artış tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısııl işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan (ABC) l etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları izelge 3.112'de, bunlara ait grafik şekil 3.93'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.112. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC (µm)		ST		SÇ		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	1,86	ED	1,97	DC	1,14	H	0,40	MLKJ
	190° C – 1,5 saat	2,25	B	1,72	FE	1,44	G	0,31	MLK
	212° C – 2 saat	2,35	B	2,32	B	1,18	H	0,50	LKJ
Dişbudak	Kontrol	3,27	A*	1,59	GF	0,54	KJ	0,47	MLKJ
	190° C – 1,5 saat	2,00	DC	1,45	G	0,89	I	0,25	M
	212° C – 2 saat	2,01	DC	2,21	CB	0,61	J	0,28	ML

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rq* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç Türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.93. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi faktörleri üçlü etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) karşılaştırma sonuçları.

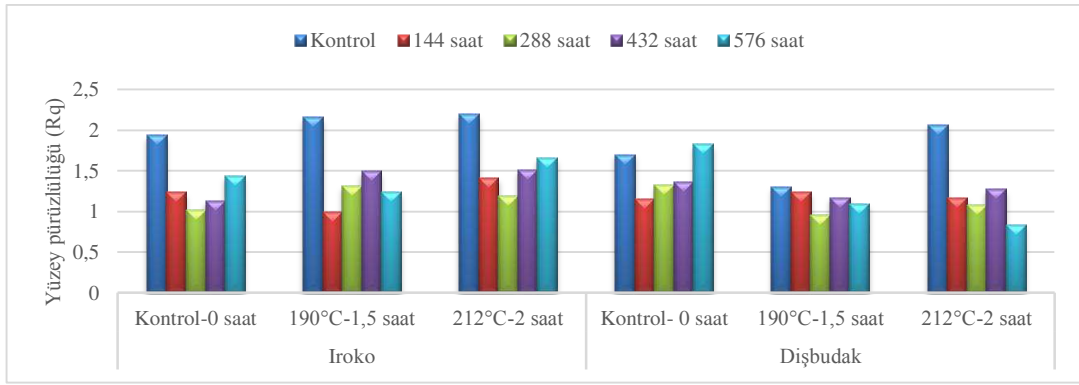
Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktörü (ABC) üçlü etkileşim düzeyinde Rq* değeri en yüksek değer dişbudak odununa ait ST vernik uygulanmış kontrol örneklerinde (3,27 µm), en düşük değer ise dişbudak odunun 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem gören ve PU vernik uygulanmış örneklerinde (0,25 µm) elde edilmiştir. Iroko için en yüksek 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş ve yüzeylerine ST vernik uygulanan örneklerde (2,35 µm), en düşük 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş ve yüzeylerine PU vernik uygulanan örneklerde (0,31 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.112).

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.113’de, bunlara ait grafik Şekil 3.94’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.113. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD (µm)		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	1,93	CBA	1,23	L-F	1,01	M-I	1,13	L-H	1,44	G-D
	190°C-1,5 saat	2,15	A*	0,99	MLK	1,31	J-F	1,49	FED	1,24	L-F
	212°C-2 saat	2,19	A*	1,41	H-E	1,19	L-G	1,51	FED	1,66	EDC
Dişbudak	Kontrol	1,70	DC	1,15	L-G	1,33	I-F	1,36	I-F	1,82	CB
	190°C-1,5 saat	1,30	J-F	1,24	L-F	0,95	ML	1,17	L-G	1,09	M-I
	212°C-2 saat	2,07	BA	1,17	L-G	1,08	M-I	1,27	K-F	0,83	M

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu*: En yüksek ortalama Rq* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.94. Ağaç türü, ısıtma işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) karşılaştırma sonuçları.

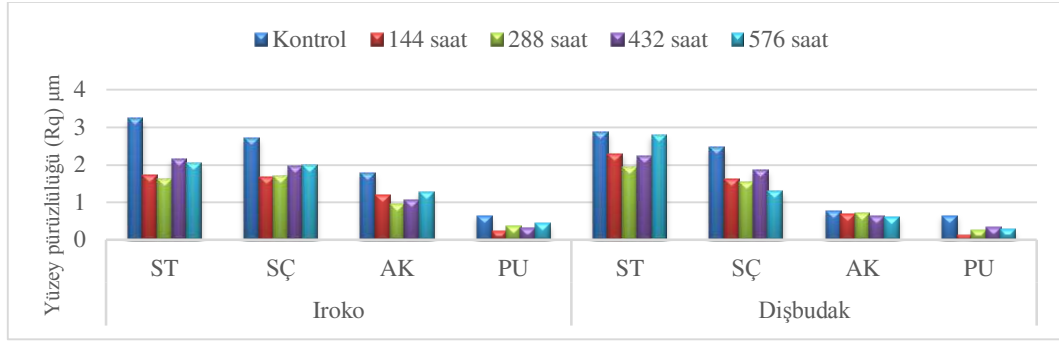
Ağaç türü - ısıtma işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktörü etkileşimi Rq* değeri iroko için en yüksek 212°C’de 2 saat ısıtma işlem gören örneklerin yaşlandırılmamış kontrol grubunda (2,19 µm) bulunmuştur. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlem görmüş ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,99 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer 212°C’de 2 saat ısıtma işlem görmüş olan deney örneklerinin yaşlandırılmamış kontrol grubunda (2,07 µm), en düşük değer ise yine 212°C’de 2 saat ısıtma işlem görmüş ve 576 saat yaşlandırılmış grupta (0,83 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.113).

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.114’de, bunlara ait grafik Şekil 3.95’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.114. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	3,23	A*	1,72	L-I	1,64	LKJ	2,15	GFE	2,06	H-E
	SÇ	2,71	CB	1,69	L-I	1,70	L-I	1,97	J-F	1,99	I-E
	AK	1,78	L-H	1,19	ON	0,96	QPO	1,07	PON	1,28	NM
	PU	0,65	S-Q	0,24	U	0,38	UST	0,33	US	0,44	U-R
Dişbudak	ST	2,88	B	2,30	ED	1,95	K-F	2,23	FED	2,80	B
	SÇ	2,47	DC	1,61	LK	1,54	ML	1,86	L-G	1,30	NM
	AK	0,77	RQP	0,70	TRQ	0,72	RQ	0,63	STR	0,61	STR
	PU	0,65	S-Q	0,13	U	0,26	U	0,34	US	0,28	U

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rq* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.95. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) karşılaştırma sonuçları.

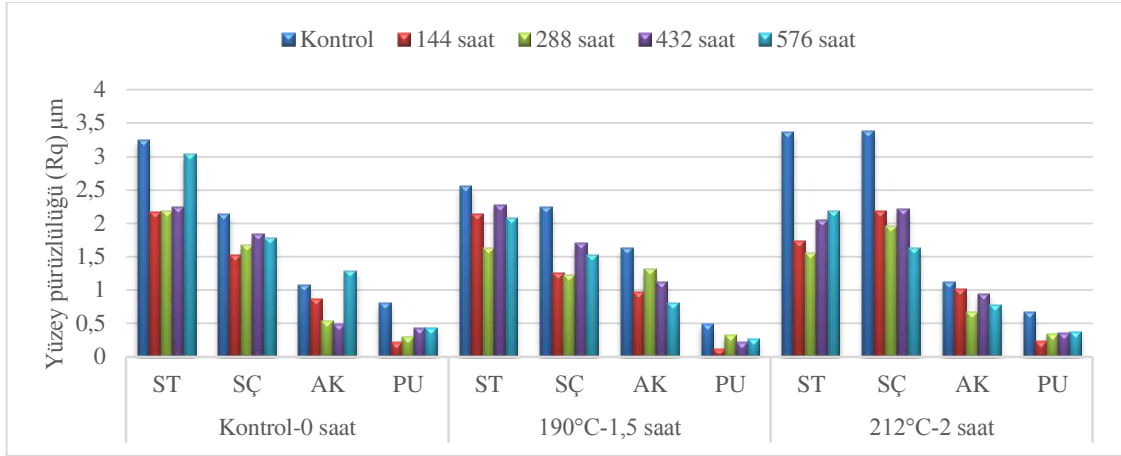
Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü etkileşim düzeyinde Rq* değeri en yüksek, iroko için yüzeyine ST vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerde (3,23 µm) elde edilmiştir. En düşük değer ise yüzeyine PU vernik uygulanmış ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,24 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için en yüksek değer yüzeyine ST vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneğinde (2,88 µm), en düşük değer ise yüzeyine PU vernik uygulanan 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,13 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.114).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.115’de, bunlara ait grafik Şekil 3.96’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.115. Isıl işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD (µm)		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	3,24	A*	2,16	E-B	2,18	E-B	2,25	D-B	3,03	A*
	SÇ	2,14	F-B	1,52	N-J	1,67	L-G	1,83	J-D	1,78	J-E
	AK	1,07	R-O	0,87	T-P	0,53	Y-S	0,48	Y-T	1,28	P-L
	PU	0,81	U-Q	0,21	Y	0,30	YX	0,43	Y-U	0,43	Y-U
190°C-1,5 saat	ST	2,55	B	2,13	F-B	1,63	M-H	2,27	CB	2,07	G-C
	SÇ	2,25	D-B	1,26	P-L	1,23	P-M	1,70	K-G	1,52	N-J
	AK	1,63	M-H	0,96	R-O	1,32	O-K	1,12	Q-N	0,80	V-Q
	PU	0,48	Y-T	0,12	Y	0,32	YX	0,22	Y	0,27	YX
212°C-2 saat	ST	3,37	A*	1,74	K-F	1,56	M-I	2,05	H-C	2,19	E-B
	SÇ	3,38	A*	2,18	E-B	1,96	I-C	2,21	D-B	1,63	M-H
	AK	1,11	Q-O	1,01	R-O	0,67	X-Q	0,94	S-O	0,77	W-Q
	PU	0,66	X-R	0,23	Y	0,34	YX	0,36	Y-V	0,38	Y-V

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rq* değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.96. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (R_q^*) karşılaştırma sonuçları.

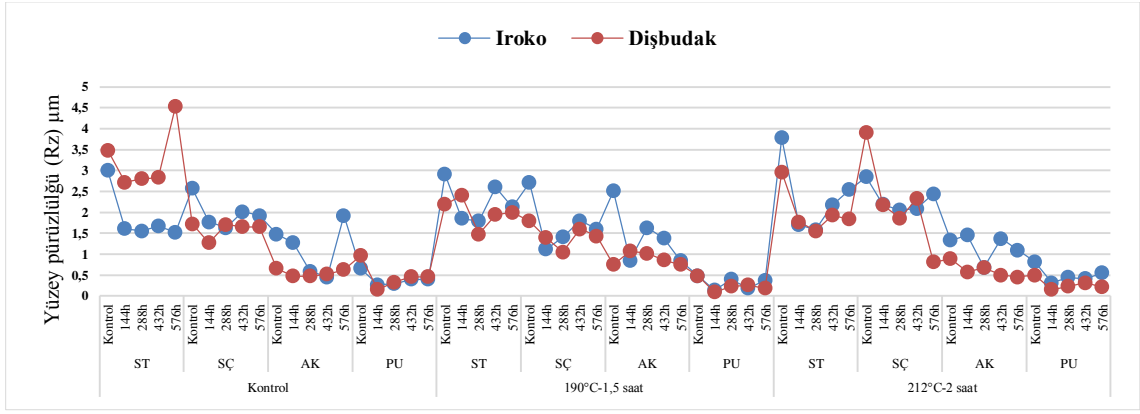
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü etkileşimi düzeyinde R_q^* değeri için en yüksek 212°C’de 2 saat ısıtılma işlemi gören üzerine uygulanan SÇ vernik uygulanmış ve yaşlandırma görmeyen örneklerde (3,38 μm) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıtılma işlemli ve PU vernikli 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,12 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.115).

Ağaç türü - ısıtılma işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan dörtlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.116’da, bunlara ait grafik Şekil 3.97’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.116. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) Duncan testi sonuçları.

Faktör (ABCD) / Ağaç Türü (A) (µm)			Iroko		Dişbudak	
Isıl işlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	HG	Ortalama ($\bar{X}$)	HG
Kontrol	ST	Kontrol	3,00	DC	3,48	CB
		144 saat	1,61	V-L	2,72	F-D
		288 saat	1,55	W-L	2,80	ED
		432 saat	1,67	U-L	2,83	ED
		576 saat	1,52	W-M	4,54*	A*
	SÇ	Kontrol	2,57	G-D	1,72	S-K
		144 saat	1,77	R-K	1,27	b-R
		288 saat	1,63	V-L	1,71	T-K
		432 saat	2,01	P-G	1,65	V-L
		576 saat	1,92	Q-H	1,65	V-L
	AK	Kontrol	1,48	X-N	0,66	m-b
		144 saat	1,27	b-R	0,47	m-d
		288 saat	0,59	m-c	0,47	m-d
		432 saat	0,45	m-e	0,52	m-c
		576 saat	1,92	Q-H	0,63	m-c
	PU	Kontrol	0,66	m-b	0,96	g-W
		144 saat	0,27	m-h	0,15	ml
		288 saat	0,29	m-h	0,33	m-g
		432 saat	0,40	m-f	0,46	m-d
		576 saat	0,40	m-f	0,46	m-d
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	2,91	ED	2,19	L-F
		144 saat	1,85	R-I	2,40	J-D
		288 saat	1,79	R-J	1,48	X-N
		432 saat	2,60	G-D	1,94	Q-H
		576 saat	2,13	M-F	2,00	P-G
	SC	Kontrol	2,71	FED	1,79	R-J
		144 saat	1,12	c-S	1,39	Z-P
		288 saat	1,41	Z-O	1,05	f-U
		432 saat	1,80	R-J	1,60	V-L
		576 saat	1,60	V-L	1,43	Z-O
	AK	Kontrol	2,51	H-D	0,75	l-a
		144 saat	0,85	j-Y	1,07	e-T
		288 saat	1,63	V-L	1,02	f-V
		432 saat	1,38	Z-P	0,86	i-X
		576 saat	0,84	j-Y	0,75	l-a
	PU	Kontrol	0,48	m-d	0,48	m-d
		144 saat	0,14**	ml	0,09**	m
		288 saat	0,40	m-f	0,23	m-i
		432 saat	0,18	m-k	0,26	m-h
		576 saat	0,37	m-g	0,18	mlk
212°C-2 saat	ST	Kontrol	3,78*	B	2,96	DC
		144 saat	1,70	T-K	1,77	R-K
		288 saat	1,58	W-L	1,55	W-L
		432 saat	2,17	L-F	1,93	Q-H
		576 saat	2,54	H-D	1,84	R-I
	SÇ	Kontrol	2,85	ED	3,91	B
		144 saat	2,19	L-F	2,17	L-F
		288 saat	2,05	O-G	1,86	R-I
		432 saat	2,09	N-G	2,33	K-E
		576 saat	2,44	I-D	0,81	k-Z
	AK	Kontrol	1,33	a-Q	0,89	h-X
		144 saat	1,45	Y-O	0,57	m-c
		288 saat	0,68	m-b	0,67	m-b
		432 saat	1,37	a-P	0,50	m-c
		576 saat	1,09	d-S	0,45	m-e
	PU	Kontrol	0,82	k-Z	0,50	m-c
		144 saat	0,31	m-h	0,15	ml
		288 saat	0,44	m-e	0,23	m-i
		432 saat	0,41	m-f	0,31	m-h
		576 saat	0,55	m-c	0,21	m-j

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, *HG*: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rq* değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.97. Ağaç türü, ısı işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri dörtlü etkileşimin yüzey pürüzlülük değerleri (Rq*) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü dörtlü etkileşim düzeyinde Rq* değeri en yüksek ısı işlemsiz dişbudak örneklerinin yüzeylerine ST vernik uygulandıktan sonra 576 saat yaşlandırılan örneklerde (4,54 µm) elde edilmiştir. En düşük değer ise, 190°C’de 1,5 saat ısı işlem gören dişbudak deney örneklerine PU vernik uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılan örneklerde (0,09 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.116).

Ayrıca ağaç türlerini kendi içinde incelersek iroko için en yüksek 212°C’de 2 saat süreyle ısı işlem görmüş ve yüzeylerine ST vernik uygulanan yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (3,78 µm) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat süreyle ısı işlem görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılmış iroko örneklerinde (0,14 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek ısı işlemsiz kontrol örnekleri yüzeylerine ST vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (4,54 µm) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat süreyle ısı işlem görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılmış dişbudak örneklerinde (0,09 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.116).

3.5.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümlerine Ait Rz* Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısı işlem gören iroko ve dişbudak deney malzemeleri, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra 0-576 saat UVB-313 tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılan deney örnekleri yüzeylerinden elde edilen Rz* ortalama pürüzlülük değerleri ve bu değerlere ait standart sapma değerleri Çizelge 3.117’de verilmiştir.

Çizelge 3.117. Yüzey pürüzlülüğü (Rz*) ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.

Faktör (ABCD) / Ağaç Türü (A) (µm)			Iroko		Dişbudak	
Isıl işlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (Ss)	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	12,41	2,21	19,20	6,10
		144 saat	6,23	1,71	10,19	5,69
		288 saat	5,91	2,21	11,36	4,28
		432 saat	6,89	2,46	9,94	2,22
		576 saat	5,94	1,37	17,32	2,97
	SÇ	Kontrol	11,29	2,60	6,63	1,19
		144 saat	6,32	2,01	4,89	1,34
		288 saat	6,28	3,16	6,79	4,65
		432 saat	7,70	1,83	6,78	3,23
		576 saat	7,34	1,80	6,78	3,23
	AK	Kontrol	6,46	2,60	3,03	1,32
		144 saat	4,26	1,42	1,82	0,63
		288 saat	2,23	0,84	2,01	1,16
		432 saat	1,71	0,48	2,13	0,56
		576 saat	7,34	1,80	2,57	0,96
	PU	Kontrol	2,71	0,87	3,18	0,65
		144 saat	1,04	0,48	0,67	0,15
		288 saat	1,24	0,41	1,67	1,23
		432 saat	1,55	0,58	1,70	1,02
		576 saat	1,55	0,58	1,69	1,01
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	15,44	4,10	11,29	3,26
		144 saat	7,56	1,79	9,65	5,90
		288 saat	6,96	2,31	6,01	1,41
		432 saat	9,60	2,18	7,98	3,69
		576 saat	7,98	1,52	8,75	3,39
	SÇ	Kontrol	10,82	2,20	6,49	1,49
		144 saat	4,22	1,11	5,38	1,76
		288 saat	5,87	2,73	4,12	1,19
		432 saat	6,86	1,50	6,29	1,26
		576 saat	6,08	1,73	5,45	1,40
	AK	Kontrol	11,94	4,32	3,26	1,03
		144 saat	3,32	1,30	3,95	1,87
		288 saat	4,45	0,77	3,75	2,49
		432 saat	5,15	3,54	3,30	1,33
		576 saat	3,41	1,40	3,26	1,03
	PU	Kontrol	1,86	0,72	1,59	0,34
		144 saat	0,93	0,46	0,48	0,14
		288 saat	1,61	0,59	0,97	0,44
		432 saat	0,98	0,30	1,14	0,36
		576 saat	0,97	0,52	1,32	1,86
212°C-2 saat	ST	Kontrol	17,62	4,84	14,85	2,56
		144 saat	6,19	2,27	5,85	0,99
		288 saat	6,28	0,72	5,55	1,02
		432 saat	8,69	5,00	6,71	2,70
		576 saat	11,92	5,33	7,55	3,99
	SÇ	Kontrol	12,10	2,17	15,27	3,36
		144 saat	8,12	1,94	8,25	4,26
		288 saat	7,35	1,72	6,82	2,83
		432 saat	7,47	1,92	8,59	1,23
		576 saat	8,82	2,55	8,41	4,83
	AK	Kontrol	5,36	1,69	3,94	1,43
		144 saat	5,14	2,37	2,14	1,32
		288 saat	2,50	0,84	2,08	1,46
		432 saat	4,74	2,46	2,31	0,81
		576 saat	4,08	1,35	2,00	0,61
	PU	Kontrol	3,40	0,72	2,22	0,51
		144 saat	1,27	0,95	0,67	0,16
		288 saat	1,16	0,57	1,02	0,55
		432 saat	1,65	0,90	1,31	0,27
		576 saat	2,17	0,67	1,17	0,57

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma, A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu,

Ortalama yüzey pürüzlülüğü Rz* değerleri için ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı değerler elde edilmiştir (Çizelge 3.117). Bu farklılığın

hangi faktörden kaynaklandığını ortaya çıkarmak amacıyla çoklu varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 3.118’de verilmiştir.

Çizelge 3.118. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzey pürüzlülüğü değerlerine (Rz*) etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalama	F değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç Türü (A)	88,13	1	88,13	17,38	0,000*
Isıl işlem (B)	46,82	2	23,41	4,62	0,010*
Vernik çeşidi (C)	11669,33	3	3889,78	767,00	0,000*
Yaşlandırma (D)	2669,77	4	667,44	131,61	0,000*
Etkileşim (AB)	231,85	2	115,93	22,86	0,000*
Etkileşim (AC)	395,32	3	131,77	25,98	0,000*
Etkileşim (AB)	116,13	4	29,03	5,73	0,000*
Etkileşim (BC)	504,36	6	84,06	16,58	0,000*
Etkileşim (BD)	200,72	8	25,09	4,95	0,000*
Etkileşim (CD)	1089,25	12	90,77	17,90	0,000*
Etkileşim (ABC)	756,45	6	126,08	24,86	0,000*
Etkileşim (ABD)	373,25	8	46,66	9,20	0,000*
Etkileşim (ACD)	185,77	12	15,48	3,05	0,000*
Etkileşim (BCD)	443,35	24	18,47	3,64	0,000*
Etkileşim (ABCD)	500,83	24	20,87	4,12	0,000*
Hata	5477,15	1080	5,07		
Toplam	61575,97	1200			

*: Anlamlı ($\alpha = 0,05$ ’e göre), **ns: Önemsiz

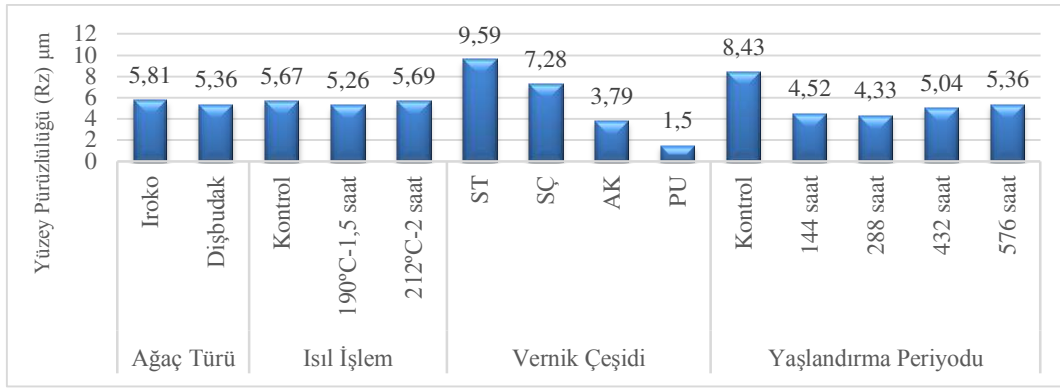
Varyans analizi sonucuna göre ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve karşılıklı bütün etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$) (Çizelge 3.118).

Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.119’da, bunlara ait grafik Şekil 3.98’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.119. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$ (μm)	HG
Ağaç Türü	Iroko	5,81	A*
	Dişbudak	5,36	B
Isıl İşlem	Kontrol	5,67	A*
	190°C–1,5 saat	5,26	B
	212°C–2 saat	5,69	A*
Vernik Çeşidi	ST	9,59	A*
	SÇ	7,28	B
	AK	3,79	C
	PU	1,50	D
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	8,43	A*
	144 saat	4,52	C
	288 saat	4,33	C
	432 saat	5,04	B
	576 saat	5,36	B

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rz* değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.98. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü faktörü düzeyinde Rz* değeri ırokoda (5,81 µm), dişbudakta (5,36 µm) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.119). Duncan testi sonuçlarına göre her bir ağaç türü farklı homojenlik grubunda yer aldığı belirlenmiştir ($\alpha \leq 0,05$).

Isıl işlem düzeyinde, Rz* değeri en yüksek 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş örneklerde (5,69 µm), en düşük değer 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş örneklerde (5,26 µm) elde edilmiştir. Ayrıca kontrol grubu ve 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş örneklerin oluşturduğu gruplar arasında istatistiki olarak %95 güven düzeyinde herhangi bir farklılık olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3.119). Oduna uygulanan ısıt işlem süresi ve sıcaklığı arttıkça pürüzlülük değerinin azaldığı bildirilmiştir [158], [171], [172], [175] .

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde, Rz* değeri en yüksek ST vernikli katmanlarda (9,59 µm), en düşük PU vernikli katmanlarda (1,50 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.119). Yüzey pürüzlülük (Rz) değerleri sırasıyla ST vernikte (9,59 µm), SÇ vernikte (7,28 µm), AK vernikte (3,79 µm), PU vernikte (1,50 µm) tespit edilmiştir. Yapılan Duncan testi sonucunda istatistiki olarak %95 güven düzeyinde her verniğin farklı homojenlik grubunda yer alarak, Rz* değeri üzerine etkisinin farklı olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 3.119). Yapılan bir çalışmada en düşük pürüzlülük değeri PU vernikte elde edilmiştir [5]

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde Rz* değeri en yüksek kontrol grubunda (8,43 µm), en düşük 288 saat yaşlandırılmış örneklerde (4,33 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.119). Duncan testi sonuçlarına göre homojenlik grupları beş yaşlandırma periyodu üç homojenlik gurubu oluşturduğu belirlenmiştir. 144 ve 288 saat yaşlandırılan örnekler ile 432 ve 576 saat yaşlandırılmış örneklere ait Rz* değerleri kendi aralarında benzerdir. [176]’nın yaptığı çalışmada 0-1000 saat UVA yaşlandırmada PU vernikli katmanda %62,06 oranında, su bazlı vernikli katmanda ise %24,81 oranında pürüzlülük artışı

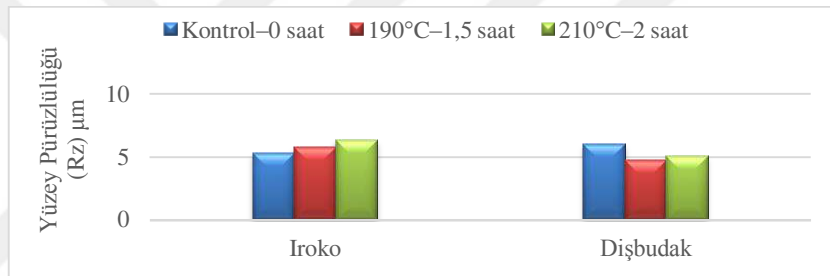
meydana geldiği bildirilmiştir. UV-B 313 EL tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırma gören deney örneklerine ait Rz* değerleri yaşlandırma süresinin artmasına bağlı olarak ilk 288 saatte azalma eğiliminde olmuş fakat 288 saat sonrasında ise Rz* değeri artma eğilimi göstermiştir (Çizelge 3.119). Doğal yaşlandırılan vernikli odun örneklerinde pürüzlülük artmıştır [5].

Ağaç türü - ısıt işlem faktörü düzeyinde yapılan (AB) ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.120’de, buna ait grafik Şekil 3.99’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.120. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AB (μm)	Kontrol		190°C–1,5 saat		212°C–2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	5,32	C	5,80	B	6,31	A*
Dişbudak	6,02	BA	4,72	D	5,07	DC

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, B: Isıt işlem, *: En yüksek ortalama Rz* değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.99. Ağaç türü ve ısıt işlem faktörleri ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) karşılaştırma sonuçları.

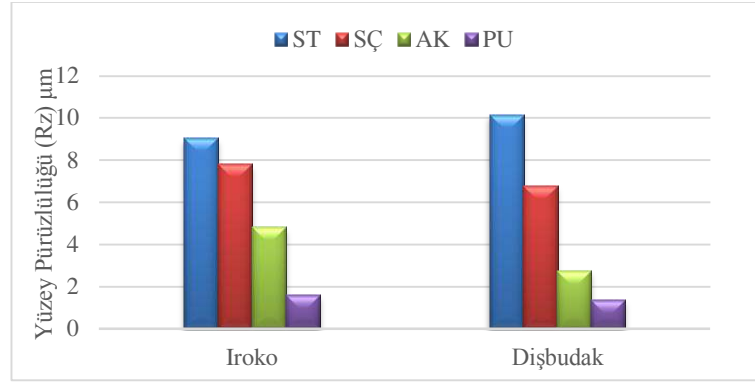
Ağaç türü - ısıt işlem (AB) etkileşimi düzeyinde ortalama Rz* yüzey pürüzlülüğü değeri iroko için en yüksek değer 212°C’de 2 saat ısıt işleme tabi tutulmuş olan örneklerde (6,31 μm), en düşük değer ise ısıt işlem uygulanmamış olan kontrol örneklerinde (5,32 μm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer ısıt işlemsiz kontrol örneğinde (6,02 μm), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş olan örneklerde (4,72 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.120).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.121’de, buna ait grafik Şekil 3.100’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.121. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AC (μm)	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	9,04	B	7,79	C	4,81	E	1,61	G
Dişbudak	10,15	A*	6,78	D	2,77	F	1,39	G

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rz* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.100. Ağaç türü ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) karşılaştırma sonuçları.

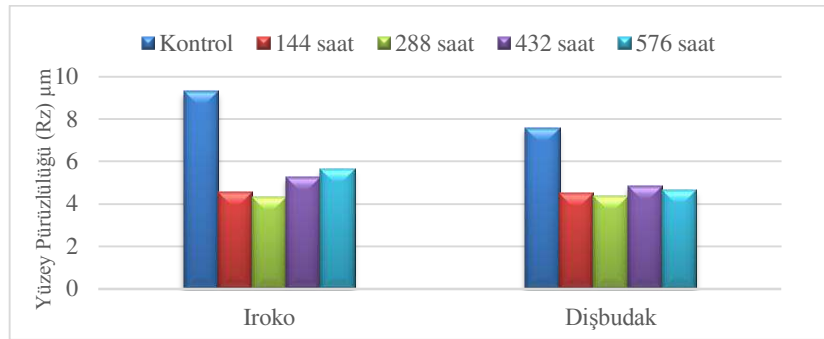
Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) faktörü etkileşim düzeyinde Rz* pürüzlülük değeri iroko için en yüksek ST vernik uygulanan örneklerde (9,04 µm), en düşük PU vernik uygulanan deney örneklerinde (1,61 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek ST vernik uygulanan örneklerde (10,15 µm), en düşük PU vernik uygulanmış deney örneklerinde (1,39 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.121).

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.122’de, bunlara ait grafik Şekil 3.101’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.122. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) Duncan testi sonuçları.

Faktör AD (µm)	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	9,28	A*	4,55	FE	4,32	F	5,25	DC	5,65	C
Dişbudak	7,58	B	4,49	FE	4,35	F	4,85	FED	4,65	ED

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu*: En yüksek ortalama Rz* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.101. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktörü etkileşimi düzeyinde Rz* değeri iroko için en yüksek kontrol örneklerinde (9,28 µm), en düşük 288 saat hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (4,32 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en

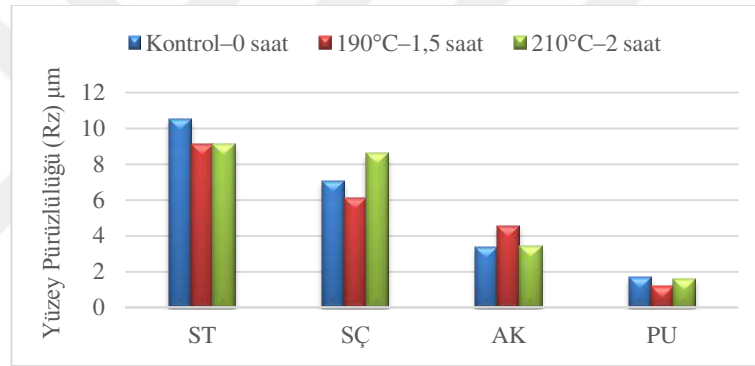
yüksek değer yaşlandırılmamış kontrol örneğinde (7,58 μm), en düşük değer ise 288 saat yaşlandırılmış örneklerde (4,35 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.122). Her iki ağaç türünde de yaşlandırılmamış örneklerde R_z^* değerleri yüksek ve sonrasında yapılan hızlandırılmış UV yaşlandırma işleminin süresine bağlı olarak kontrole göre nispeten daha düşük çıkmıştır.

Isıl işlem - vernik çeşidi faktörü (BC) düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.123’de, bunlara ait grafik Şekil 3.102’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.123. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BC (μm)	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	10,54	A*	7,08	C	3,36	F	1,70	G
190°C–1,5 saat	9,12	B	6,16	D	4,58	E	1,18	G
212°C–2 saat	9,12	B	8,61	B	3,43	F	1,60	G

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama R_z^* değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.102. Vernik çeşidi ve ısıl işlem faktörlerinin ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.

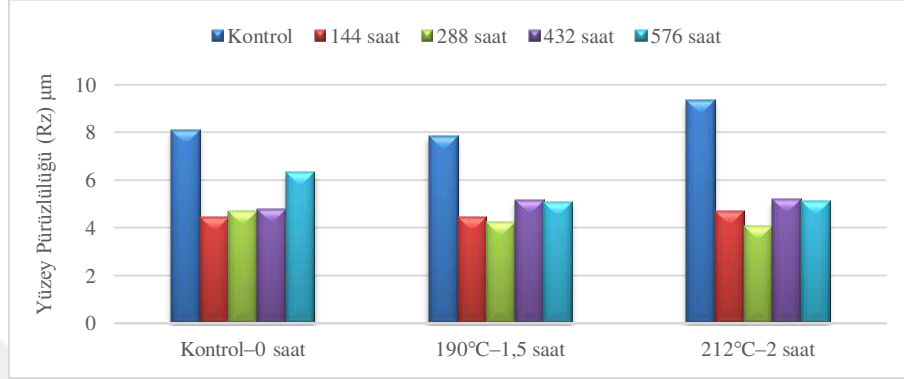
Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktörü etkileşimi düzeyinde R_z^* değeri en yüksek ısıl işlem görmemiş olan ve yüzeylerine ST vernik uygulanan kontrol örneklerinde (10,54 μm), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıl işlem görmüş ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış örneklerde (1,18 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.123).

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.124’de, bunlara ait grafik Şekil 3.103’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.124. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BD (μm)	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	8,11	B	4,43	ED	4,69	ED	4,80	ED	6,32	C
190°C–1,5 saat	7,84	B	4,44	ED	4,22	E	5,16	D	5,08	EDC
212°C–2 saat	9,34	A*	4,70	ED	4,09	E	5,18	D	5,13	D

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rz* değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.103. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) karşılaştırma sonuçları.

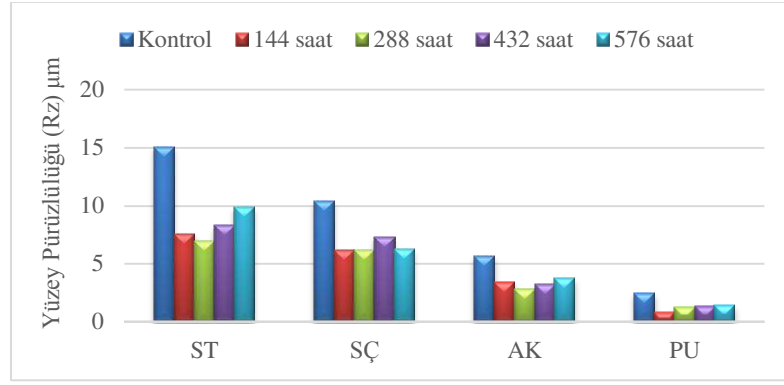
Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) faktörü etkileşimi düzeyinde ortalama Rz* değeri en yüksek 212°C’de 2 saat ısıl işlem görmüş örneklerin yaşlandırılmamış kontrol grubunda (9,34 μm) elde edilmiştir. En düşük değer 212°C’de 2 saat ısıl işlem sonrasında 288 saat yaşlandırılmış gruplarda (4,09 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.124).

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.125’de, bunlara ait grafik Şekil 3.104’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.125. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) Duncan testi sonuçları.

Faktör CD (μm)	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	15,13	A*	7,61	DC	7,01	ED	8,30	C	9,91	B
SÇ	10,43	B	6,20	FE	6,21	FE	7,28	D	6,30	FE
AK	5,66	F	3,44	HG	2,84	IH	3,22	IHG	3,78	G
PU	2,49	I	0,84	J	1,28	J	1,39	J	1,48	J

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rz* değerini ifade etmektedir, C: Vernik türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.104. Vernik çeşidi ve yaşlandırma faktörü faktörleri ikili etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) karşılaştırma sonuçları.

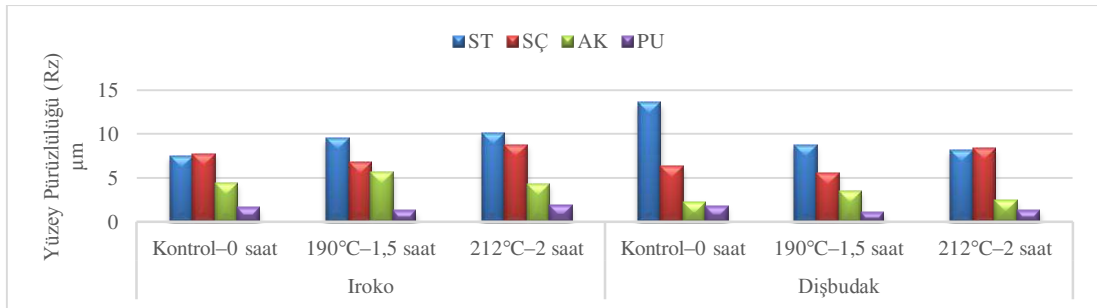
Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) faktörü etkileşimi düzeyinde Rz* pürüzlülük değeri en yüksek yüzeylerine ST vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan kontrol örneklerinde (15,13 µm), en düşük değer ise yüzeylerine PU vernik uygulanan ve 144 saat yaşlandırılan örneklerde (0,84 µm) elde edilmiştir. Bütün vernik türlerinde yaşlandırılmamış kontrol örneklerde en yüksek değerler elde edilirken yaşlandırılma ile birlikte farklı oranlarda azalma ve artış tespit edilmiştir (Çizelge 3.125).

Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi faktörü (ABC) düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.126'da, bunlara ait grafik Şekil 3.105'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.126. Ağaç türü, ısı işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC (µm)		ST		SÇ		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	7,48	GF	7,78	FE	4,40	J	1,62	LK
	190°C-1,5 saat	9,51	CB	6,77	HG	5,65	I	1,27	L
	212°C-2 saat	10,14	B	8,82	DC	4,36	J	1,93	LK
Dişbudak	Kontrol	13,60	A*	6,37	IH	2,31	K	1,78	LK
	190°C-1,5 saat	8,73	EDC	5,55	I	3,50	J	1,10	L
	212°C-2 saat	8,10	FED	8,41	FED	2,49	K	1,28	L

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rz* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç Türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.105. Ağaç türü, ısı işlem ve vernik çeşidi faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) karşılaştırma sonuçları.

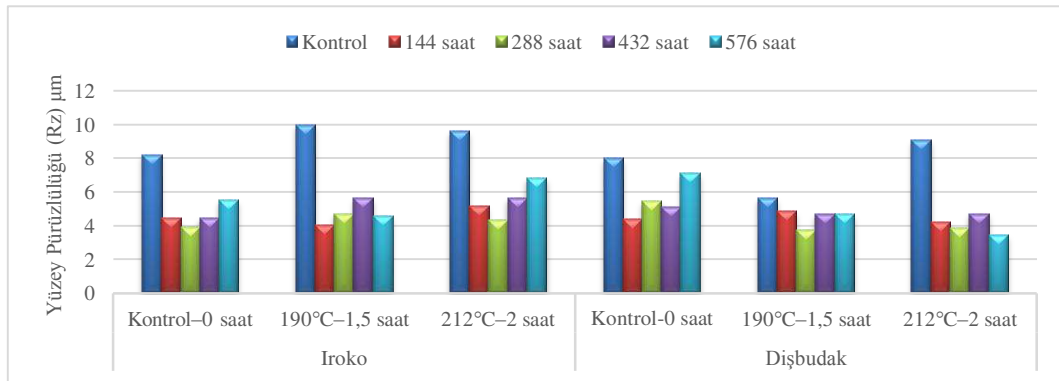
Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktörü (ABC) etkileşim düzeyinde Rz* pürüzlülük değeri en yüksek ıroko için 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş ve yüzeylerine ST vernik uygulanan örneklerinde (10,14 µm) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanmış örneklerde (1,27 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek yüzeyine ST vernik uygulanmış kontrol örneklerinde (13,06 µm), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat süreyle ısıt işlem görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulanan örneklerde (1,10 µm) elde edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.127’de, bunlara ait grafik Şekil 3.106’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.127. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD (µm)		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		X̄	HG	X̄	HG	X̄	HG	X̄	HG	X̄	HG
İroko	Kontrol	8,22	CB	4,46	K-F	3,91	KJ	4,46	K-F	5,54	GF
	190°C-1,5 saat	10,0	A*	4,01	K-I	4,72	J-F	5,65	F	4,61	K-F
	212°C-2 saat	9,62	A*	5,18	I-F	4,32	K-H	5,64	F	6,81	E
Dişbudak	Kontrol	8,01	DC	4,39	K-G	5,46	H-F	5,14	J-F	7,09	ED
	190°C-1,5 saat	5,66	F	4,86	J-F	3,71	KJ	4,68	J-F	4,69	J-F
	212°C-2 saat	9,07	BA	4,22	K-I	3,87	KJ	4,73	J-F	3,46	K

X̄: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu*: En yüksek Rz* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.106. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktörü etkileşiminde Rz* pürüzlülük değeri en yüksek; ıroko için 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş ve yaşlandırılmamış kontrol grubunda (10,0 µm), en düşük değer ise ısıt işlemsiz ve 288 saat yaşlandırılmış örneklerde (3,91 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için yüksek değer, 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş olan deney örneklerinin yaşlandırılmamış kontrol

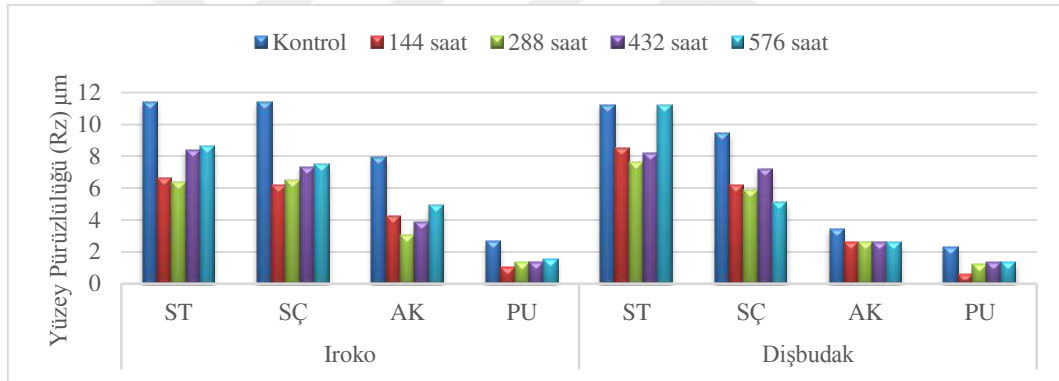
örneklerinde (9,07 μm), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde (3,46 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.127).

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.128’de, bunlara ait grafik Şekil 3.107’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.128. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD (μm)		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	11,40	A*	6,66	I-F	6,38	IHG	8,39	EDC	8,61	DC
	SÇ	11,40	A*	6,22	J-G	6,50	IHG	7,34	H-D	7,49	H-D
	AK	7,92	FED	4,24	NML	3,06	PON	3,86	O-M	4,94	MLK
	PU	2,66	QPO	1,08	SR	1,34	SRQ	1,40	SRQ	1,56	SRQ
Dişbudak	ST	11,21	B	8,56	DC	7,64	G-D	8,21	EDC	11,21	B
	SÇ	9,46	C	6,17	K-H	5,91	KJI	7,22	I-E	5,11	LKJ
	AK	3,41	PON	2,64	QPO	2,61	QPO	2,58	QPO	2,61	Q-O
	PU	2,33	RQP	0,60	S	1,22	SR	1,38	SRQ	1,39	SRQ

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu*: En yüksek R_z^* değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, C: Vernik türü D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.107. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (R_z^*) karşılaştırma sonuçları.

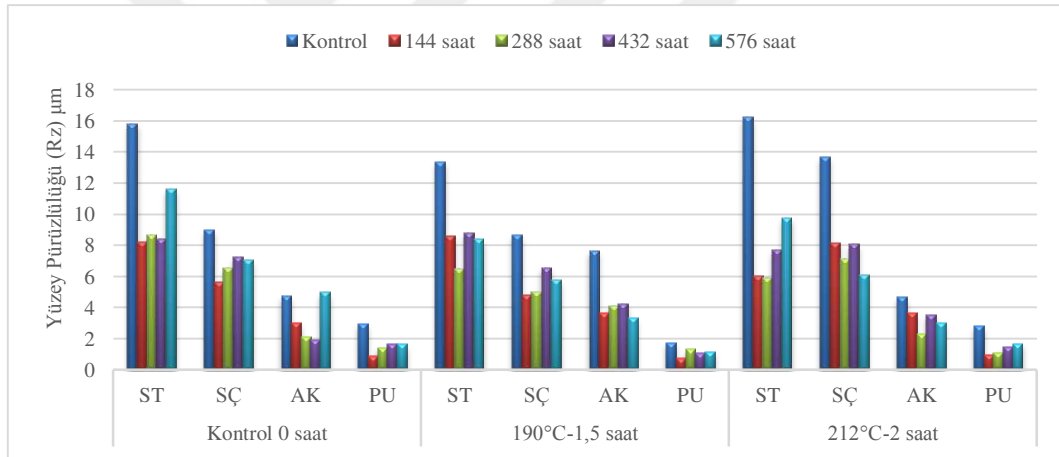
Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü etkileşimi düzeyinde R_z^* yüzey pürüzlülüğü değeri en yüksek iroko için yüzeyine ST ve SÇ vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerde (11,40 μm) elde edilmiştir. En düşük ise yüzeyine PU vernik uygulanmış ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (1,08 μm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer yüzeyine ST vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (11,21 μm), en düşük değer ise yüzeyine PU vernik uygulanan 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,60 μm) elde edilmiştir (Çizelge 3.128).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.129'da, bunlara ait grafik Şekil 3.108'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.129. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD (µm)		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	15,80	A*	8,21	H-D	8,64	G-D	8,41	G-D	11,63	C
	SÇ	8,96	ED	5,60	P-L	6,53	M-I	7,24	L-F	7,06	L-G
	AK	4,74	Q-N	3,04	W-R	2,12	Z-T	1,92	Z-U	4,95	Q-M
	PU	2,95	X-S	0,85	Z	1,43	Z-W	1,63	Z-W	1,62	Z-W
190°C-1,5 saat	ST	13,37	B	8,60	G-D	6,48	M-I	8,79	F-D	8,36	G-D
	SÇ	8,66	G-D	4,80	Q-N	5,00	Q-M	6,58	M-H	5,76	O-L
	AK	7,60	K-E	3,64	T-Q	4,10	S-P	4,23	S-O	3,33	V-R
	PU	1,72	Z-V	0,70	Z	1,29	Z-X	1,06	Z	1,14	ZY
212°C-2 saat	ST	16,23	A*	6,02	N-K	5,92	N-L	7,70	J-E	9,74	D
	SÇ	13,68	B	8,18	H-D	7,08	L-G	8,03	I-E	6,09	N-J
	AK	4,65	Q-N	3,64	T-Q	2,29	Z-U	3,52	U-Q	3,04	W-R
	PU	2,81	Y-S	0,97	Z	1,09	Z	1,48	Z-W	1,67	Z-W

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek Rz* değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.108. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) karşılaştırma sonuçları.

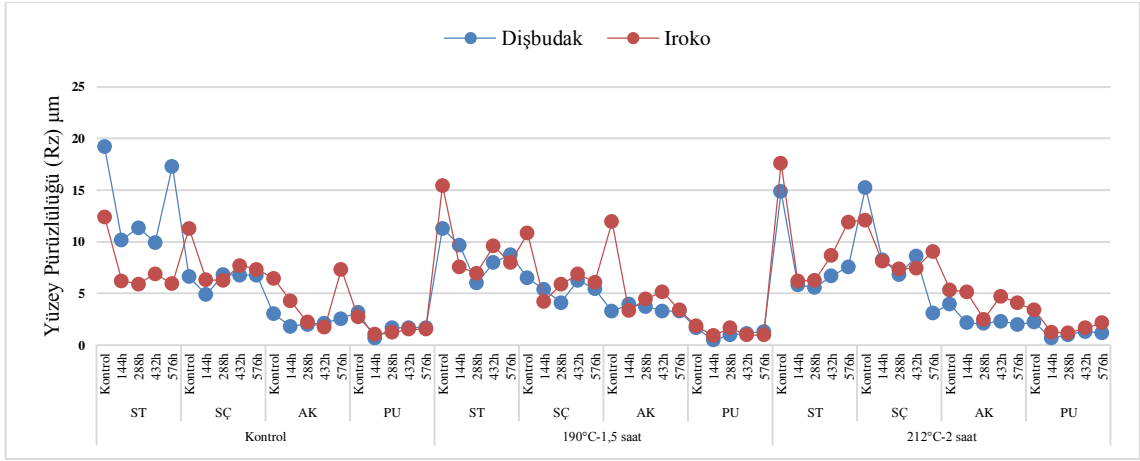
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü etkileşimi düzeyinde Rz* pürüzlülük değeri için en yüksek 212°C'de 2 saat ısıtılmış ve yüzeylerine ST uygulanan kontrol örneklerinde (16,23 µm) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C'de 1,5 saat ısıtılmış ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,70 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.129).

Ağaç türü - ısıtılmış işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü düzeyinde yapılan dörtlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.130'da, bunlara ait grafik Şekil 3.109'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.130. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) Duncan testi sonuçları.

Kaynak (ABCD) / Ağaç Türü (A) (µm)			Iroko		Dişbudak	
Isıl işlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	HG	Ortalama ($\bar{X}$)	HG
Kontrol	ST	Kontrol	12,41	D	19,20	A*
		144 saat	6,23	b-M	10,19	I-D
		288 saat	5,91	b-P	11,36	G-D
		432 saat	6,89	U-L	9,94	J-E
		576 saat	5,94	b-P	17,32	BA
	SÇ	Kontrol	11,29	G-D	6,63	X-L
		144 saat	6,32	a-M	4,89	g-S
		288 saat	6,28	a-M	6,79	U-L
		432 saat	7,70	R-J	6,78	V-L
		576 saat	7,34	T-K	6,78	V-L
	AK	Kontrol	6,46	Z-M	3,03	r-e
		144 saat	4,26	j-V	1,82	r-j
		288 saat	2,23	r-i	2,01	r-i
		432 saat	1,71	r-k	2,13	r-i
		576 saat	7,34	T-K	2,57	r-g
	PU	Kontrol	2,71	r-f	3,18	p-d
		144 saat	1,04	r-o	0,67	rp
		288 saat	1,24	r-n	1,67	r-l
		432 saat	1,55	r-m	1,70	r-k
		576 saat	1,55	r-m	1,69	r-k
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	15,44	CB	11,29	G-D
		144 saat	7,56	S-J	9,65	K-F
		288 saat	6,96	U-L	6,01	b-P
		432 saat	9,60	K-F	7,98	Q-I
		576 saat	7,98	Q-I	8,75	M-H
	SÇ	Kontrol	10,82	H-D	6,49	Y-L
		144 saat	4,22	k-W	5,38	e-R
		288 saat	5,87	b-P	4,12	l-X
		432 saat	6,86	U-L	6,29	a-M
		576 saat	6,08	b-O	5,45	e-Q
	AK	Kontrol	11,94	F-D	3,26	o-d
		144 saat	3,32	o-d	3,95	m-Y
		288 saat	4,45	i-U	3,75	n-b
		432 saat	5,15	f-R	3,30	o-d
		576 saat	3,41	o-c	3,26	o-d
	PU	Kontrol	1,86	r-j	1,67	r-l
		144 saat	0,93	rpo	0,48	r
		288 saat	1,67	r-l	0,97	r-o
		432 saat	0,98	rpo	1,14	r-o
		576 saat	0,97	r-o	1,32	r-n
212°C-2 saat	ST	Kontrol	17,62	A*	14,85	C
		144 saat	6,19	b-N	5,85	c-P
		288 saat	6,28	a-M	5,55	d-Q
		432 saat	8,69	N-H	6,71	W-L
		576 saat	11,92	F-D	7,55	S-J
	SÇ	Kontrol	12,10	ED	15,27	CB
		144 saat	8,12	P-I	8,25	P-I
		288 saat	7,35	T-K	6,82	U-L
		432 saat	7,47	S-K	8,59	O-H
		576 saat	9,07	K-G	3,11	p-d
	AK	Kontrol	5,36	e-R	3,94	m-a
		144 saat	5,14	f-R	2,14	r-i
		288 saat	2,50	r-g	2,08	r-i
		432 saat	4,74	h-U	2,31	r-h
		576 saat	4,08	m-X	2,00	r-i
	PU	Kontrol	3,40	o-c	2,22	r-i
		144 saat	1,27	r-n	0,67	rp
		288 saat	1,16	rpo	1,02	r-o
		432 saat	1,67	r-l	1,31	r-n
		576 saat	2,17	r-i	1,17	r-o

X: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma*. En yüksek Rz* değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.109. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri dörtlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülük değerleri (Rz*) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü etkileşim düzeyinde Rz* pürüzlülük değeri ıroko için en yüksek 212°C’de 2 saat ısıt işlem gördükten sonra yüzeylerine ST vernik uygulanmış ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (17,62 µm) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat süreyle ısıt işlem görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılmış ıroko örneklerinde (0,93 µm) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek ısıt işlemsiz kontrol örnekleri yüzeylerine ST vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış örneklerde (19,20 µm) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulanan 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (0,48 µm) elde edilmiştir (Çizelge 3.130).

3.6. SALINIMSAL SERTLİK DEĞERİ

3.6.1. Salınımsal Sertlik Ölçümlerine Ait Değerler

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıt işlem gören ıroko ve dişbudak deney malzemeleri, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra 0-576 saat süreyle UVB-313 EL tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Yaşlandırılan deney örnekleri yüzeylerinden elde edilen ortalama salınımsal sertlik değerleri ve bu değerlere ait standart sapma değerleri Çizelge 3.131’de verilmiştir.

Çizelge 3.131. Sertlik ölçümlerine ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri.

Faktör (ABCD) / Ağaç türü (A)			Iroko		Dişbudak	
Isıl işlem (B)	Vernik çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama (X̄)	Standart Sapma(Ss)	Ortalama (X̄)	Standart Sapma(Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	67,20	3,62	71,30	3,68
		144 saat	65,00	7,07	61,40	7,17
		288 saat	64,40	4,72	61,40	8,21
		432 saat	57,10	8,13	54,30	7,82
		576 saat	52,20	7,84	49,90	7,91
	SÇ	Kontrol	60,20	3,19	68,90	2,23
		144 saat	71,90	6,94	65,10	2,96
		288 saat	58,10	3,25	62,70	7,04
		432 saat	50,60	4,14	53,50	3,81
		576 saat	42,00	11,40	57,00	4,06
	AK	Kontrol	118,30	10,95	113,40	10,50
		144 saat	111,50	5,50	115,90	5,28
		288 saat	113,60	4,48	119,00	6,88
		432 saat	119,60	7,23	126,60	9,88
		576 saat	123,90	10,84	120,60	3,20
	PU	Kontrol	149,20	5,25	139,30	7,30
		144 saat	118,50	5,95	133,70	6,02
		288 saat	111,50	4,95	123,70	17,37
		432 saat	122,00	8,92	136,00	13,39
		576 saat	125,70	3,77	116,30	16,77
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	66,00	4,45	75,20	6,81
		144 saat	58,10	3,25	74,50	4,91
		288 saat	54,50	10,80	70,90	3,45
		432 saat	50,90	3,76	57,70	6,63
		576 saat	48,60	3,13	55,10	4,01
	SÇ	Kontrol	57,70	3,83	68,20	2,86
		144 saat	53,40	6,19	69,50	3,24
		288 saat	49,80	9,44	62,20	4,21
		432 saat	32,60	2,55	53,60	3,06
		576 saat	31,00	4,06	57,10	2,69
	AK	Kontrol	111,00	6,02	130,90	6,74
		144 saat	120,30	13,56	128,70	4,24
		288 saat	127,60	4,09	125,10	5,13
		432 saat	131,10	2,89	130,60	7,18
		576 saat	125,70	8,62	127,40	2,84
	PU	Kontrol	161,70	9,29	171,30	5,29
		144 saat	149,80	9,22	150,90	3,93
		288 saat	139,30	3,83	146,80	9,08
		432 saat	131,10	3,07	122,10	5,90
		576 saat	133,80	4,92	131,10	5,11
212°C-2 saat	ST	Kontrol	65,60	6,11	78,70	3,86
		144 saat	57,10	4,48	67,50	11,74
		288 saat	51,20	2,39	54,50	3,87
		432 saat	51,10	2,47	59,70	7,15
		576 saat	38,80	2,44	52,40	3,60
	SÇ	Kontrol	51,90	3,73	59,80	2,30
		144 saat	48,20	3,62	67,00	3,50
		288 saat	43,10	5,13	51,80	3,52
		432 saat	36,10	2,96	48,10	5,11
		576 saat	37,30	4,17	46,80	3,80
	AK	Kontrol	125,20	5,25	124,90	5,28
		144 saat	123,50	9,60	123,30	7,59
		288 saat	128,50	9,91	121,60	6,98
		432 saat	131,50	7,89	129,90	5,13
		576 saat	118,70	6,73	128,90	5,11
	PU	Kontrol	163,80	3,36	166,00	5,27
		144 saat	148,10	5,09	157,70	3,56
		288 saat	145,20	13,66	142,10	4,01
		432 saat	148,60	3,50	136,10	5,02
		576 saat	139,80	7,73	139,90	6,54

X: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma, A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu.

Salınımsal sertlik değerleri için ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı değerler elde edilmiştir (Çizelge 3.131). Bu farklılığın hangi

faktörden kaynaklandığını ortaya çıkarmak amacıyla çoklu varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 3.132’de verilmiştir.

Çizelge 3.132. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun sertlik değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç Türü (A)	1	8845,5	8845,5	202,5	0,000*
Isıl işlem (B)	2	5178,4	2589,2	59,3	0,000*
Vernik çeşidi (C)	3	1727921,5	575973,8	13188,1	0,000*
Yaşlandırma (D)	4	34749,7	8687,4	198,9	0,000*
Etkileşim (AB)	2	2039,0	1019,5	23,3	0,000*
Etkileşim (AC)	3	4270,5	1423,5	32,6	0,000*
Etkileşim (AD)	4	460,7	115,2	2,6	0,033*
Etkileşim (BC)	6	28696,6	4782,8	109,5	0,000*
Etkileşim (BD)	8	3117,7	389,7	8,9	0,000*
Etkileşim (CD)	12	30460,4	2538,4	58,1	0,000*
Etkileşim (ABC)	6	2956,8	492,8	11,3	0,000*
Etkileşim (ABD)	8	2078,8	259,9	6,0	0,000*
Etkileşim (ACD)	12	2527,3	212,6	4,8	0,000*
Etkileşim (BCD)	24	5360,3	223,3	5,1	0,000*
Etkileşim (ABCD)	24	7251,3	302,1	6,9	0,000*
Hata	1080	47167,6	43,7		
Toplam	1200	12564088,0			

*: Anlamlı ($\alpha=0,05$ 'e göre), **ns: Önemsiz

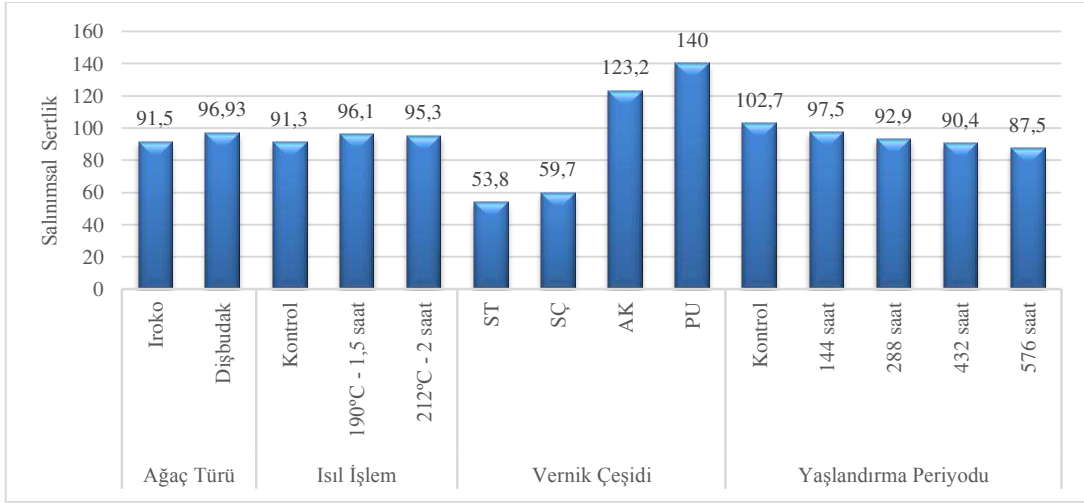
Varyans analizi sonucuna göre ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı tüm etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$) (Çizelge 3.132).

Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.133’de, buna ait grafik Şekil 3.110’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.133. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait sertlik değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör	$\bar{X}$	HG
Ağaç Türü	Iroko	B
	Dişbudak	A*
Isıl İşlem	Kontrol	B
	190°C - 1,5 saat	A*
	212°C - 2 saat	A*
Vernik Çeşidi	ST	D
	SÇ	C
	AK	B
	PU	A*
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	A*
	144 saat	B
	288 saat	C
	432 saat	D
	576 saat	E

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.110. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerine ait sertlik değeri (salınım sayısı) karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü faktörü düzeyinde ortalama salımsal sertlik değeri dişbudakta (96,93), irokoda (91,50) tespit edilmiştir (Çizelge 3.133). Duncan testi sonuçlarına göre her bir ağaç türü farklı homojenlik grubunda yer aldığı belirlenmiştir ($\alpha \leq 0,05$) (Çizelge 3.132). Salımsal sertlik değerleri bakımından deney örneklerine uygulanan ThermoWood yöntemi, perdah, vernik ve uygulama yöntemi, yaşlandırma sürecinde farklılık olmadığından dolayı ağaç malzemelerin anatomik yapısının belirleyici olduğu düşünülmektedir. Yerli dar yapraklı dişbudak odununa ait katmanın egzotik bir tür olan iroko türünden daha yüksek yüzey sertliği özelliği göstermesi dikkat çekicidir. Literatürde [1]'e göre ağaç türü faktörünün katman sertlik değeri üzerine etkili olmadığı ancak vernik çeşidinin etkili olduğunu bildirilmiştir. [177]'ye göre harici etkiler ile vernik katmanının sertliğinin artışında ağaç türü etkisinin görüldüğü bildirilmiştir. Doğal verniklemede, ağaç türünün vernik sertliğine etkisinin önemsiz, vernik türünün etkisinin önemli olduğu bildirilmiştir [186]. [14]'ün yaptığı çalışmada su bazlı tek ve çift bileşenli vernik katmanında salımsal sertlik değeri üzerine ağaç türünün etkili olduğunu, vernik katman kalınlığının ise etkili olmadığı bildirilmiştir. [74]'ün yaptığı çalışmada sarıçam, kayın ve meşe türlerine uygulanan aynı tür vernik, ısıtma işlemi, ve UVA lambası ile yapılan yaşlandırmada en yüksek sertlik değerlerinin meşe örneğinde elde edildiğini bildirilmiştir. Sonuçlar literatür ile paralellik arz etmektedir.

Isıtma işlemi düzeyinde, salımsal sertlik değeri en yüksek 190°C'de 1,5 saat ısıtma işlemi gören örneklerde (96,10), en düşük değer ısıtılmamış kontrol örneklerinde (91,30) elde edilmiştir (Çizelge 3.133). Ayrıca 190 °C'de 1,5 saat ve 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş

örneklerin Duncan testine göre homojenlik grupları arasında istatistiki olarak % 95 güven düzeyinde salınımsal sertlik değerlerinde herhangi bir farklılık olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3.133). Sonuç olarak Thermowood yöntemi ile yapılan ısıt işlemin salınımsal sertlik değerini artırdığı söylenebilir. Bu sonuçlar literatürdeki çalışmalarla uyumludur. Literatürde, [178]'e göre sarıçam, kestane ve kayın örneklerine uygulanan 100-150°C'de 2 ile 6 saatlik ısıt işlemin ST ve SÇ uygulanmış vernikli yüzeylerin salınımsal sertlik değerlerini artırdığı bildirilmiştir. [179]'a göre ısıt işlem uygulamasından sonra deney örneklerine ait salınımsal sertlik değerlerinde artış meydana geldiği bildirilmiştir. Bu araştırma sonuçları ile örtüşmeyen sonuçlara sahip çalışmalar da mevcuttur. Bunlar ; [159]'a göre farklı ağaç türlerine etüvde uygulanan ısıt işlem süre ve sıcaklığının limba, ıroko, dişbudak ve kestane türlerine ait selilozik, sentetik, poliüretan ve su bazlı vernikli yüzeylerin sertlik değerlerinde azaltıcı etki yaptığı bildirilmiştir. [52]'ye göre köknar odunundan hazırlanan örneklerin etüvde ısıt işlem görmesiyle janka sertlik değerleri kontrol örneklerine göre daha düşük çıktığı bildirilmiştir. [74] yaptığı çalışmada ısıt işleminde uygulanan sıcaklık ve sürenin salınımsal sertlik değeri üzerinde etkili olduğu, sıcaklık arttıkça salınımsal sertlik değerinin azaldığı bildirilmiştir. [161]'e göre limba, ıroko, dişbudak ve kestane türlerine etüv ortamında uygulanan 150°C ile 180°C'de 3 ve 6 saatlik ısıt işlem varyasyonlarının tümünde sertlik değerleri azaltıcı etki yaptığı bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları ile uyumlu olmayan çalışmaların, ısıt işlemin yönteminin türü, süresi ve sıcaklık derecesinin farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde salınımsal sertlik değeri en yüksek PU vernikte (140,0), en düşük ST vernikte (53,80) elde edilmiştir (Çizelge 3.132). Salınımsal sertlik değerleri sırasıyla ST vernikte (53,8), SÇ vernikte (59,7), AK vernikte (123,2), PU vernikte (140,0) tespit edilmiştir. Yapılan Duncan testi sonucunda istatistiki olarak %95 güven düzeyinde her verniğin farklı homojenlik grubunda yer alarak, sertlik değeri üzerine etkisinin farklı olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 3.132). Bu farklılığın verniklerin bileşenlerinde bulunan ana bağlayıcı reçine özellikleri, modifiye elamanlar veya dolgu gereçlerinin özellikleri ve miktarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim tüm deney örneklerine aynı perdah işlemleri uygulandığı göz önünde bulundurulduğunda ağaç malzemenin yüzeyinde benzer katmanlar elde edildiği söylenebilir. Literatürde, [49]'a göre su bazlı verniklerin molekül irilikleri solvent çözücülü sistemlerinkinden daha küçük olduğundan dolayı ağaç malzemenin boşluklarına daha iyi nüfuz etmekte, dolayısı ile ince katmanlar vermektedir. Yoğunluğu daha düşük olan ağaç malzemelerde, katman kalınlığının ince

oluşunun su bazlı verniklerde sertliği azaltıcı etki yaptığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada vernik çeşitlerinin sertlik değerleri sırasıyla en yüksek PU vernik, asit sertleştiricili vernik, AK ve sentetik vernik şeklinde olduğu bildirilmiştir [177]. PU verniğin diğer verniklerden daha sert katmanlar verdiği bildirilmiştir [180], [181], [182], [183], [186]. [37]'e göre doğal yaşlandırma şartları altında en iyi sertlik değerleri sarıçam üzerine uygulanan PU vernikte elde edildiği bildirilmiştir. [182]'nin yaptığı çalışmada en fazla sertlik değerinin kayın üzerinde tek kat uygulanan PU vernikte elde edildiği bildirilmiştir. [183]'ün çalışmasında %8 ve %12 rutubete sahip farklı ağaç malzeme üzerine farklı vernikleri uygulayarak termal yaşlandırma uygulanmış ve en iyi sonuçları %8 rutubette PU vernik uygulanmış deney örneklerinde elde edildiği bildirilmiştir. [184]'e göre nano takviyeli vernik ile diğer verniklerin katmanın kurşun kalem ile sertlik performanslarını karşılaştırmış ve nano takviyeli verniklerin geleneksel verniklerden daha üstün katman özellikler gösterdiği bildirilmiştir. [185]'e göre meşe ve kayın odunlarına ait örneklere uygulanan verniklerin salınımsal sertlik ölçümlerinde en yüksek değerler sırasıyla UV vernik, poliyester, PU, selülozik, sentetik vernikte elde edildiği bildirilmiştir. [186]'a göre doğal verniklemede, ağaç türünün vernik sertliğine etkisinin önemsiz, vernik türünün etkisinin önemli olduğu bildirilmiştir. PU verniğin sertlik bakımından diğer verniklerden daha iyi sonuçlar elde etmesi literatür ile örtüşmektedir.

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde ortalama salınımsal sertlik değeri en yüksek kontrol grubunda (102,7), en düşük 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (87,5) elde edilmiştir (Çizelge 3.133). Duncan testi homojenlik grupları sonuçları istatistiki olarak %95 güven düzeyinde her bir yaşlandırılma periyodu süresinin deney örneklerinin sertlik değerleri üzerinde etkisinin farklı düzeyde ve azaltıcı etkisi olduğu belirlenmiştir. Şekil 3.110'da görüldüğü gibi yaşlandırma süresi uzadıkça salınımsal sertlik değerleri azaldığı söylenebilir. Literatürde, [187] çalışmasında hızlandırılmış yaşlandırma sürecinde, çapraz bağlı zincir reaksiyonlarında sertlikte önce biraz artış sonra azalma görüldüğünü bildirmiştir. [188]'in çalışmasında alkid, üretan reçineli kaplamalarda UV yaşlandırması ile oluşan asidik kondisyon artışının hidrolize neden olduğunu; hızlı bir parlaklık kaybının yanında tebeşirlenme görülerek sertlikte azalma belirlendiği bildirilmiştir [14], [189]. [53]'e göre açık hava şartlarında 12 ay yaşlandırmaya maruz bırakılan farklı ağaç türlerinin yüzey sertlik değerlerinde azaltıcı etki yaptığı bildirilmiştir. Çalışma sonuçları literatürde bulunan bu çalışmaların sonuçları ile uyumlu çıkmıştır. Öte yandan literatürde araştırma sonuçları ile uyumlu olmayan çalışmalarda mevcuttur. [176]'nın yaptığı çalışmada farklı ağaç türlerinden oluşan deney örneklerine uygulanan vernikli katmanlara

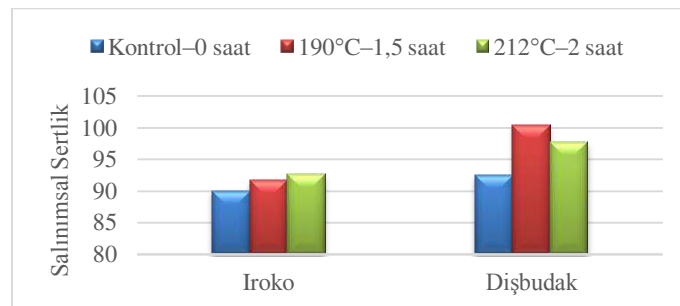
UVA-340 tipi lamba ile 1000 saat süreyle yapılan yaşlandırma sürecinin katmanların salınımsal sertlik değerini farklı oranlarda (poliüretan vernik %38,89; su bazlı vernik: %8,33; sentetik vernik %70,30) artırdığı bildirilmiştir. [177]'nin yaptığı çalışmada dış hava koşullarında 22 ay bekletilerek yaşlandırılan dört farklı ağaç türü üzerine, beş farklı tür vernik uygulanan örneklerin sertlik değerlerinde artış meydana geldiği bildirilmiştir. [74]'e göre UVA-340 tipi lamba ile yapılan hızlandırılmış yaşlandırma periyodu ST ve SÇ vernikler için sertlik değeri en yüksek 432 saatlik yaşlandırılan örneklerinde (78,19), en düşük kontrol örneklerinde (46,09) tespit edilmiştir. Buna göre, uzun süreli UV-A tipi lamba ile yapılan yaşlandırma işlemi vernik katmanlarının yüzey sertliğini ve dolayısı ile salınımsal sertlik değerini arttırdığı bildirilmiştir. [14]'ün yaptığı çalışmada xenon arc lambası ile yapılan hızlandırılmış yaşlandırmada, sarıçam ve iroko örneklerine uygulanan K2 iki bileşenli su bazlı vernikte salınımsal sertlik değerlerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada 144 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma etkisi altında salınımsal sertlik değerlerinde kontrol örneğine göre % 17,7 oranında, 288 saatlik yaşlandırmada ise % 16,5 oranında artış belirlendiği bildirilmiştir [14]. Yaşlandırma sürecinin uzamasıyla vernikli yüzeye ait sertlik değerlerinin artması [177]'e göre mekanik etkilere dayanıklılık açısından olumlu ise de, katmanın esnekliğinin azalmasına yol açacağı için bu durum olumsuzluk olarak nitelendirilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.134'de, buna ait grafik Şekil 3.111'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.134. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AB	Kontrol		190°C-1,5 saat		212°C-2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	90,1	D	91,7	C	92,7	C
Dişbudak	92,5	C	100,4	A*	97,8	B

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, B: Isıt işlem



Şekil 3.111. Ağaç türü ve ısıt işlem faktörleri ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değeri karşılaştırma sonuçları.

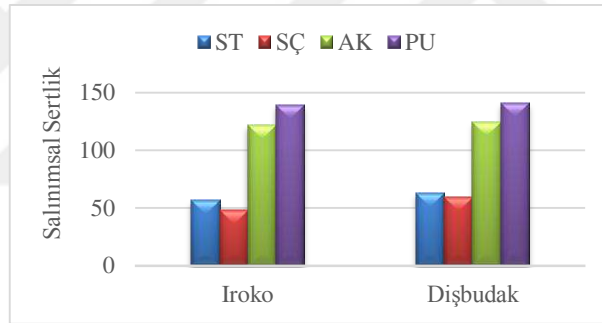
Ağaç türü - ısıt işlem (AB) etkileşimi düzeyinde salınımsal sertlik değeri en yüksek değer 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem gören dişbudak örneğinde (100,4), en düşük değer ise iroko kontrol örneğinde (90,1) elde edilmiştir. Ayrıca ağaç türleri kendi içlerinde incelendiğinde iroko için en yüksek değer 212°C’de 2 saat ısıt işleme tabi tutulmuş olan örneklerde (92,7), en düşük değer ise ısıt işlem uygulanmamış olan kontrol örneklerinde (90,1) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş örneklerde (100,4) en düşük değer ise kontrol örneklerinde (92,5) elde edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.135’de, buna ait grafik Şekil 3.112’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.135. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	56,53	G	48,33	H	122,00	D	139,20	B
Dişbudak	63,00	E	59,42	F	124,51	C	140,94	A*

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.112. Ağaç türü ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değeri karşılaştırma sonuçları.

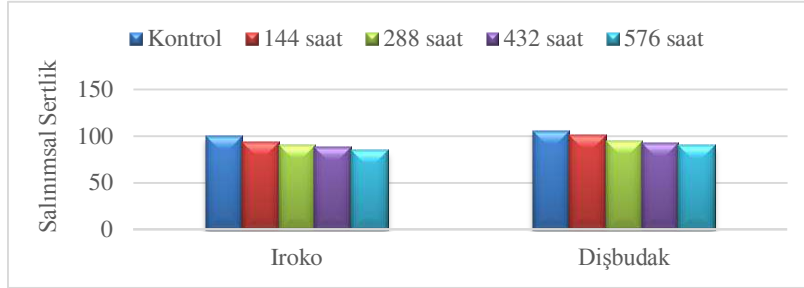
Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) etkileşimi düzeyinde salınımsal sertlik değeri iroko için en yüksek PU vernik uygulanan örneklerde (139,2), en düşük SÇ vernik uygulanan deney örneklerinde (48,3) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek PU vernik uygulanan örneklerde (140,94), en düşük SÇ vernik uygulanmış deney örneklerinde (59,52) elde edilmiştir (Çizelge 3.135).

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.136’da bunlara ait grafik Şekil 3.113’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.136. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	99,82	B	93,78	DC	90,57	E	88,53	F	84,79	G
Dişbudak	105,66	A*	101,27	B	95,15	C	92,35	D	90,21	E

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir, A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.113. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait salımsal sertlik değeri karşılaştırma sonuçları.

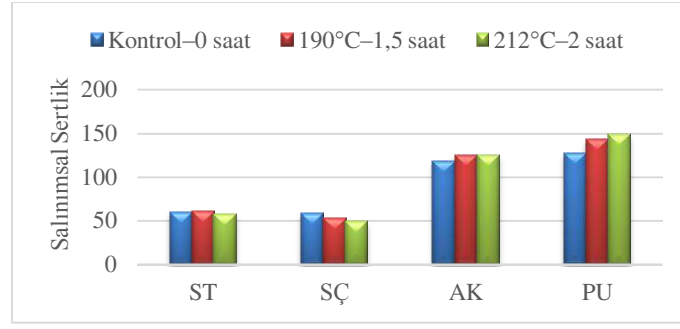
Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) etkileşimi düzeyinde salımsal sertlik değeri iroko için; en yüksek kontrol örneklerinde (99,82), en düşük 576 saat hızlandırılmış UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde (84,79) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer yaşlandırılmamış kontrol örneğinde (105,66), en düşük değer ise 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (90,21) elde edilmiştir (Çizelge 3.136). Her iki ağaç türünde de yaşlandırılmamış örneklerde sertlik değerleri yüksek ve sonrasında yapılan UV yaşlandırma işleminin süresine bağlı olarak kontrole göre nispeten daha düşük salımsal sertlik değeri elde edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.137'de, buna ait grafik Şekil 3.114'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.137. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	60,42	GF	59,00	HG	118,24	E	127,59	C
190°C-1,5 saat	61,15	F	53,51	I	125,84	D	143,79	B
212°C-2 saat	57,66	H	49,01	J	125,60	ED	148,73	A*

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi



Şekil 3.114. Isıl işlem ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimine ait salımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.

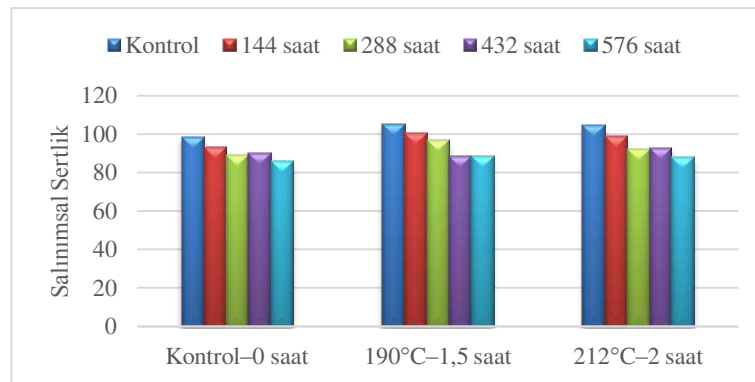
Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktörü etkileşimi düzeyinde salımsal sertlik değeri en yüksek 212°C’de 2 saat ısıtılmış ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış örneklerde (148,73), en düşük değer 212°C’de 2 saat ısıtılmış ve yüzeylerine SÇ vernik uygulanmış örneklerde (49,01) elde edilmiştir (Çizelge 3.137).

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü (BD) düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.138’de, bunlara ait grafik Şekil 3.115’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.138. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	98,48	C	92,88	D	89,30	E	89,96	E	85,95	F
190°C-1,5 saat	105,25	A*	100,65	B	97,03	C	88,71	E	88,73	E
212°C-2 saat	104,49	A*	99,05	CB	92,25	D	92,64	D	87,83	FE

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.115. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait salımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) etkileşimi düzeyinde ortalama salımsal sertlik değeri en yüksek 190°C’de 1,5 saat ısıtılmış örneklerin yaşlandırılmamış kontrol

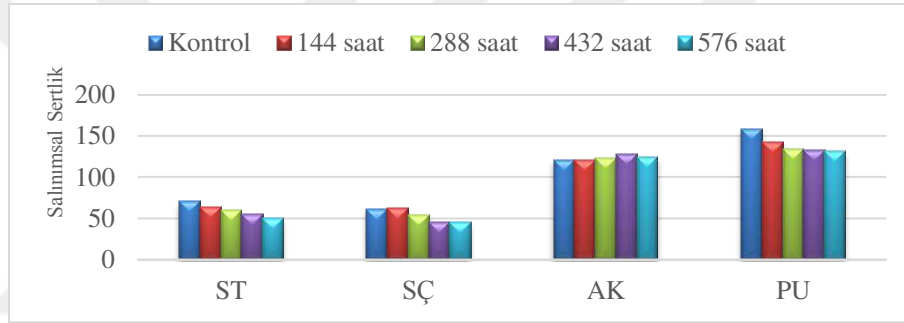
örneklerinde (105,25) elde edilmiştir. En düşük değer ısıt işlem görmemiş ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (85,95) elde edilmiştir (Çizelge 3.138).

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.139’da, bunlara ait grafik Şekil 3.116’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.139. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	70,67	H	63,93	I	59,48	K	55,13	L	49,5	M
SÇ	61,12	KJ	62,52	JI	54,62	L	45,75	N	45,2	N
AK	120,62	G	120,53	G	122,57	GF	128,22	E	124,2	F
PU	158,55	A*	143,12	B	134,77	C	132,65	DC	131,1	D

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ortalama Rq* değerini ifade etmektedir, C: Vernik türü, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.116. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait salınımsal sertlik değerlerinin karşılaştırılması.

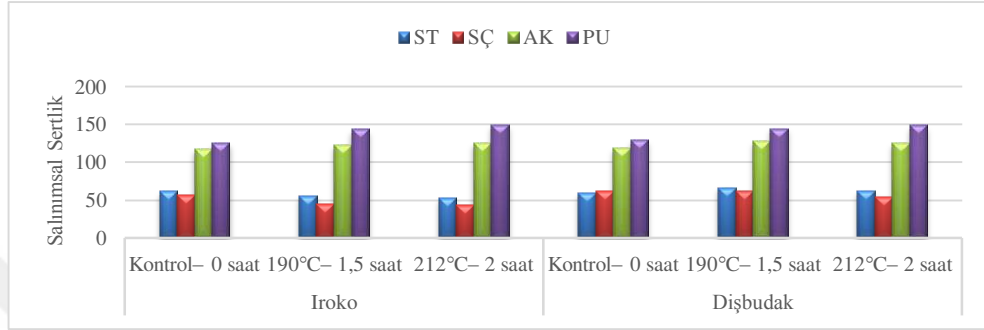
Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) etkileşimi düzeyinde ortalama salınımsal sertlik değeri en yüksek yüzeylerine PU vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan kontrol örneklerinde (158,55), en düşük değer ise yüzeylerine SÇ vernik uygulanan 576 saat yaşlandırılan örneklerde (45,20) elde edilmiştir (Çizelge 3.139).

Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktörü (ABC) düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.140’da, bunlara ait grafik Şekil 3.117’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.140. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC		ST		SÇ		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	61,18	HG	56,56	I	117,38	E	125,38	D
	190°C– 1,5 saat	55,62	I	44,90	K	123,14	D	143,14	B
	212°C– 2 saat	52,76	J	43,32	K	125,48	D	149,10	A*
Dişbudak	Kontrol	59,66	H	61,44	HG	119,10	E	129,80	C
	190°C– 1,5 saat	66,68	F	62,12	HG	128,54	C	144,44	B
	212°C– 2 saat	62,56	G	54,70	JI	125,72	D	148,36	A*

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir, **A: Ağaç Türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi



Şekil 3.117. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidi faktörleri üçlü etkileşimine ait salımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.

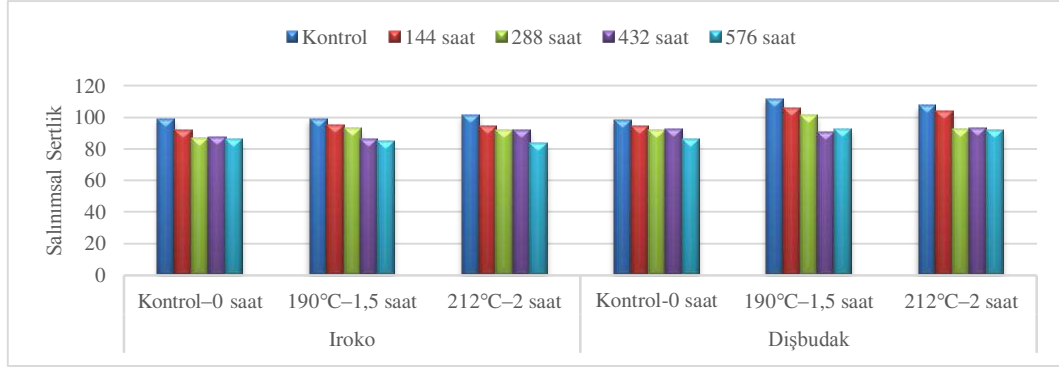
Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktörü (ABC) etkileşim düzeyinde ortalama sertlik en yüksek iroko için 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş ve yüzeylerine PU vernik uygulanan örneklerinde (149,10), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ve 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş olan ve yüzeyine SÇ vernik uygulanmış örneklerde (43,32) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek 212°C’de 2 saat ısıt işlem görmüş ve yüzeyine PU vernik uygulanmış örneklerde (148,36), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıt işlemli olan ve yüzeyine SÇ vernik uygulanan örneklerde (54,70) elde edilmiştir (Çizelge 3.140).

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktörü (ABD) düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.141’de, bunlara ait grafik Şekil 3.118’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.141. Ağaç türü, ısıt işlem ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	98,73	FE	91,73	K	86,90	ML	87,33	L	85,95	ML
	190°C–1,5 saat	99,10	FE	95,40	HG	92,80	JI	86,43	ML	84,78	ML
	212°C–2 saat	101,63	ED	94,23	IH	92,00	JI	91,83	K	83,65	M
Dişbudak	Kontrol-	98,23	GF	94,03	JI	91,70	K	92,60	JI	85,95	ML
	190°C–1,5 saat	111,40	A*	105,90	CB	101,25	FED	91,00	K	92,68	JI
	212°C–2 saat	107,35	B	103,88	DC	92,50	JI	93,45	JI	92,00	JI

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir, **A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.118. Ağaç türü, ısıtma işlemi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait salımsal sertlik değerlerinin karşılaştırılması.

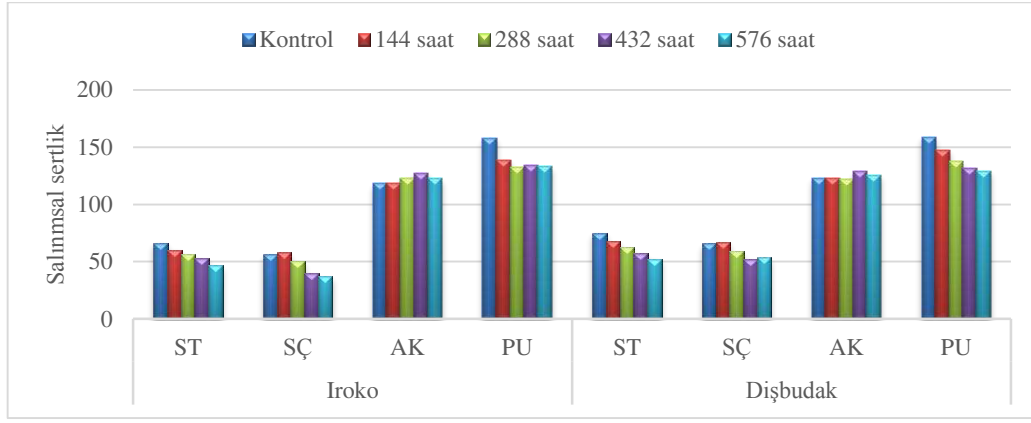
Ağaç türü - ısıtma işlemi - yaşlandırma periyodu (ABD) faktörü etkileşim düzeyinde ortalama salımsal sertlik değeri en yüksek iroko için 212°C’de 2 saat ısıtma işlemsiz kontrol örneklerinin yaşlandırılmamış kontrol grubunda (101,63), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (83,65) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer 190 °C’de 1,5 saat ısıtma işlemi görmüş olan deney örneklerinin yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (111,40), en düşük değer ise kontrol örneğinin 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde (85,95) elde edilmiştir (Çizelge 3.141).

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü (ACD) düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.142’de, bunlara ait grafik Şekil 3.119’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.142. Ağaç türü, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	66,27	J	60,07	LK	56,70	ML	53,03	N	46,53	O
	SÇ	56,60	ML	57,83	L	50,33	N	39,77	P	36,77	P
	AK	118,17	H	118,43	H	123,23	G	127,40	F	122,77	G
	PU	158,23	A*	138,80	C	132,00	ED	133,90	D	133,10	D
Dişbudak	ST	75,07	I	67,80	J	62,27	K	57,23	ML	52,47	N
	SÇ	65,63	J	67,20	J	58,90	LK	51,73	N	53,63	NM
	AK	123,07	G	122,63	G	121,90	G	129,03	FE	125,63	GF
	PU	158,87	A*	147,43	B	137,53	C	131,40	ED	129,10	FE

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir, **A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.119. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait salımsal sertlik değerinin karşılaştırılması.

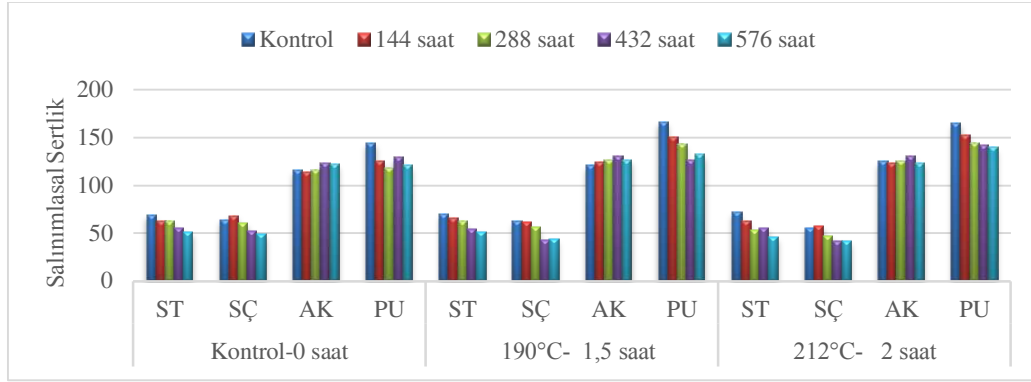
Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü etkileşim düzeyinde salımsal sertlik değeri en yüksek ıroko için yüzeyine PU vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerde (158,23) elde edilmiştir. En düşük ise yüzeyine SÇ vernik uygulanmış 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (36,77) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer yüzeyine PU vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerde (158,87), en düşük SÇ vernik uygulanan ve 432 saat yaşlandırılmış örneklerde (51,73) elde edilmiştir (Çizelge 3.142).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü (BCD) düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.143’de, bunlara ait grafik Şekil 3.120’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.143. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	69,2	ML	63,2	PO	62,9	PO	55,7	STR	51,0	VUS
	SÇ	64,5	PON	68,5	NML	60,4	QP	52,0	UST	49,5	XVU
	AK	115,8	KJ	113,7	K	116,3	KJ	123,1	HG	122,2	IHG
	PU	144,2	C	125,8	GF	118,2	JI	129,0	FED	121,0	IH
190°C-1,5 saat	ST	70,6	ML	66,3	ONM	62,7	PO	54,3	STR	51,8	VUST
	SÇ	62,9	PO	61,4	QP	56,0	TR	43,1	YX	44,0	YX
	AK	120,9	IH	124,5	HGF	126,3	GFE	130,8	ED	126,5	GFE
	PU	166,5	A*	150,3	B	143,0	C	126,6	GFE	132,4	D
212°C-2 saat	ST	72,1	L	62,3	PO	52,8	UST	55,4	STR	45,6	YXW
	SÇ	55,8	TR	57,6	RQ	47,4	XWV	42,1	Y	42,0	Y
	AK	125,0	HGF	123,4	HG	125,0	HGF	130,7	ED	123,8	HG
	PU	164,9	A	152,9	B	143,6	C	142,3	C	139,8	C

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir, B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu



Şekil 3.120. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait salımlı sertlik değerinin karşılaştırılması.

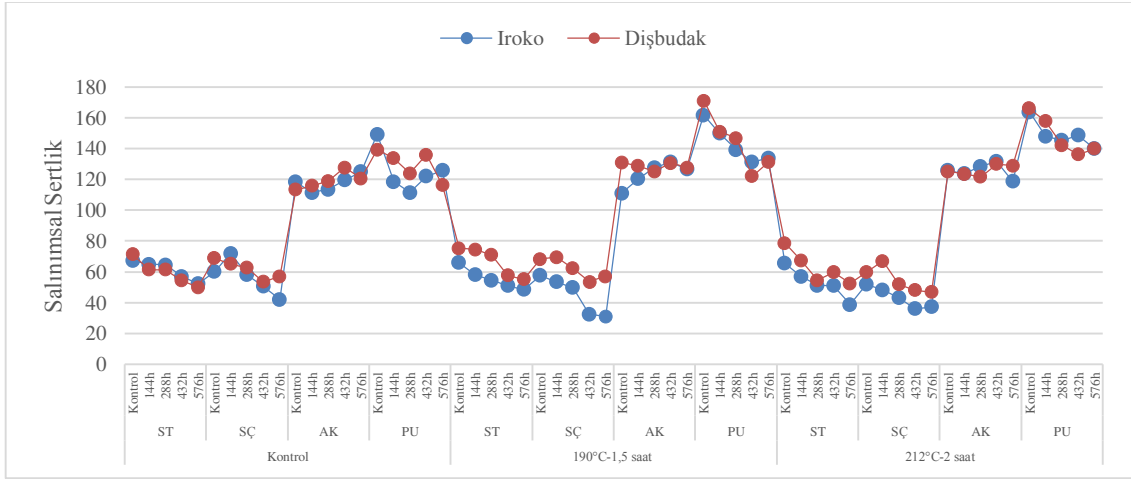
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü etkileşimi düzeyinde sertlik değeri için en yüksek 190°C’de 1,5 saat ısıtılan ve yüzeylerine PU vernik uygulanmış ve yaşlandırılmayan kontrol örneklerinde (166,5) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıtılan ve yüzeylerine SÇ vernik uygulanmış ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (42,0) elde edilmiştir (Çizelge 3.143).

Ağaç türü - ısıtılan - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü (ABCD) düzeyinde yapılan dördü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.144’de, bunlara ait grafik Şekil 3.121’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.144. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimin sertlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör (ABCD)/Ağaç türü (A)			Iroko		Dişbudak	
Isıl işlem (B)	Vernik çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	HG	Ortalama ($\bar{X}$)	HG
Kontrol	ST	Kontrol	67,20	g-c	71,30	d-a
		144 saat	65,00	j-c	61,40	m-g
		288 saat	64,40	k-d	61,40	m-g
		432 saat	57,10	q-l	54,30	r-m
		576 saat	52,20	s-o	49,90	s-q
	SÇ	Kontrol	60,20	n-h	68,90	f-a
		144 saat	71,90	c-a	65,10	i-c
		288 saat	58,10	o-j	62,70	l-e
		432 saat	50,60	s-p	53,50	s-n
		576 saat	42,00	w-u	57,00	q-l
	AK	Kontrol	118,30	X-U	113,40	YX
		144 saat	111,50	Y	115,90	Y-V
		288 saat	113,60	Y-W	119,00	X-T
		432 saat	119,60	X-S	127,60	S-K
		576 saat	124,90	U-L	120,60	V-Q
	PU	Kontrol	149,20	D	139,30	H-F
		144 saat	118,50	X-U	133,70	J-H
		288 saat	111,50	Y	123,90	U-M
		432 saat	122,00	V-O	136,00	I-G
		576 saat	125,70	T-K	116,30	Y-V
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	66,00	i-c	75,20	aZ
		144 saat	58,10	o-j	74,50	b-Z
		288 saat	54,50	r-m	70,90	d-a
		432 saat	50,90	s-o	57,70	p-k
		576 saat	48,60	tsr	55,10	r-m
	SÇ	Kontrol	57,70	p-k	68,20	g-b
		144 saat	53,40	s-n	69,50	e-a
		288 saat	49,80	sr	62,20	l-f
		432 saat	32,60	xy	53,60	s-n
		576 saat	31,00	x	57,10	q-l
	AK	Kontrol	111,00	Y	130,90	L-I
		144 saat	120,30	W-R	128,70	P-J
		288 saat	127,60	Q-J	125,20	U-K
		432 saat	131,10	K-I	130,60	M-I
		576 saat	126,60	T-K	127,60	R-J
	PU	Kontrol	161,70	CB	171,30	A*
		144 saat	149,80	D	150,90	D
		288 saat	139,30	H-F	146,80	ED
		432 saat	131,10	K-I	122,10	V-O
		576 saat	133,80	J-H	131,10	KJI
212°C-2 saat	ST	Kontrol	65,60	i-c	78,70	Z
		144 saat	57,10	q-l	67,50	g-c
		288 saat	51,20	s-o	54,50	r-m
		432 saat	51,10	s-o	59,70	n-i
		576 saat	38,80	y-v	52,40	s-o
	SÇ	Kontrol	51,90	s-o	59,80	n-i
		144 saat	48,20	u-r	67,00	h-c
		288 saat	43,10	v-t	51,80	s-o
		432 saat	36,10	x-w	48,10	u-r
		576 saat	37,30	x-v	46,80	u-s
	AK	Kontrol	125,70	U-K	125,10	U-K
		144 saat	123,70	U-M	123,50	U-N
		288 saat	128,50	P-J	121,60	V-P
		432 saat	131,50	K-I	129,90	N-I
		576 saat	118,70	X-T	128,90	O-J
	PU	Kontrol	163,80	B	166,00	BA
		144 saat	148,10	ED	157,70	C
		288 saat	145,20	F-D	142,10	G-E
		432 saat	148,60	D	136,10	I-G
		576 saat	139,80	H-F	139,90	H-F

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.121. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri dörtlü etkileşimine ait salınımsal sertlik değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü etkileşim düzeyinde salınımsal sertlik değeri en yüksek 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlemi görmüş dişbudak örnekleri üzerine PU vernik uygulandıktan sonra yaşlandırılmamış kontrol örneğinde (171,3) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlemi görmüş ıroko deney örnekleri üzerine SÇ vernik uygulandıktan sonra 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (31,0) elde edilmiştir (Çizelge 3.144). Ayrıca ağaç türlerini kendi içinde incelendiğinde ıroko için en yüksek 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi gördükten sonra yüzeylerine PU vernik uygulanmış ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (163,80) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat süreyle ısıtma işlemi görmüş ve yüzeyine SÇ vernik uygulanan ve 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde (31,0) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlemi gören ve yüzeylerine PU vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (171,3) elde edilmiştir. En düşük değer 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş ve yüzeyine SÇ vernik uygulanan ve 432 saat yaşlandırılmış örneklerde (46,80) elde edilmiştir (Çizelge 3.144).

3.7. YÜZEYE YAPIŞMA DİRENCİ DEĞERİ

3.7.1. Yüzeye Yapışma Direnci (Adezyon) Ölçümlerine Ait Değerler

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtma işlemi gören ıroko ve dişbudak deney malzemeleri, ST, SÇ, AK, PU vernikleri ile verniklendikten sonra 0-576 saat süreyle UVB-313 tipi lamba ile yaşlandırılan deney örnekleri yüzeylerinden elde edilen ortalama yüzeye yapışma direnci değerleri Çizelge 3.145’de verilmiştir.

Çizelge 3.145. Yüzeye yapışma direnci ölçümlerine ait ortalama değerler.

Faktör (ABCD)/ Ağaç Türü (A)			İroko		Dişbudak	
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama (X̄)	Standart Sapma(Ss)	Ortalama (X̄)	Standart Sapma(Ss)
Kontrol	ST	Kontrol	3,206	0,44	3,683	0,44
		144 saat	3,363	0,36	3,343	0,36
		288 saat	3,549	0,48	3,893	0,52
		432 saat	3,246	0,44	3,646	0,36
		576 saat	3,223	0,29	3,626	1,10
	SÇ	Kontrol	3,661	0,51	4,278	0,38
		144 saat	4,137	0,67	4,382	0,76
		288 saat	4,314	0,37	4,067	0,46
		432 saat	3,805	0,49	3,976	0,66
		576 saat	3,531	0,59	4,145	0,56
	AK	Kontrol	2,319	0,28	3,723	0,87
		144 saat	3,614	0,61	3,614	0,61
		288 saat	3,697	0,54	3,238	0,56
		432 saat	2,683	0,29	2,772	0,48
		576 saat	2,523	0,37	2,637	0,27
	PU	Kontrol	3,167	0,72	3,294	0,53
		144 saat	3,345	0,29	3,638	0,49
		288 saat	3,396	0,47	2,833	0,39
		432 saat	2,983	0,46	2,673	0,86
		576 saat	2,683	0,44	2,782	0,51
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	2,700	0,14	3,355	0,09
		144 saat	3,979	0,57	4,804	0,65
		288 saat	3,622	0,56	4,586	0,86
		432 saat	3,319	0,55	4,620	0,78
		576 saat	3,134	0,54	4,571	0,73
	SÇ	Kontrol	3,075	0,35	4,283	0,52
		144 saat	2,313	0,31	4,600	0,73
		288 saat	3,736	0,54	4,700	0,90
		432 saat	3,363	0,52	4,587	0,39
		576 saat	3,075	0,35	4,473	0,93
	AK	Kontrol	2,339	0,59	2,581	0,26
		144 saat	3,782	0,69	3,387	0,46
		288 saat	3,541	0,46	3,158	0,36
		432 saat	3,070	0,47	2,705	0,48
		576 saat	2,764	1,15	2,568	0,43
	PU	Kontrol	4,374	0,76	4,601	0,69
		144 saat	4,561	0,45	4,496	1,27
		288 saat	3,421	0,58	3,423	0,72
		432 saat	3,718	0,60	3,706	0,38
		576 saat	3,964	0,48	3,885	0,74
212°C-2 saat	ST	Kontrol	2,132	0,11	3,620	0,27
		144 saat	3,232	0,29	3,727	0,41
		288 saat	3,166	0,44	3,476	0,62
		432 saat	3,002	0,37	3,539	0,60
		576 saat	2,526	0,56	3,642	0,34
	SÇ	Kontrol	2,391	0,13	3,612	0,24
		144 saat	2,528	0,32	4,397	1,32
		288 saat	2,926	0,46	3,831	0,34
		432 saat	2,702	0,28	3,878	0,58
		576 saat	2,487	0,29	3,945	0,41
	AK	Kontrol	2,281	0,51	3,304	0,42
		144 saat	3,839	0,62	3,326	0,64
		288 saat	3,271	0,55	3,520	0,62
		432 saat	2,907	0,51	3,618	0,45
		576 saat	2,515	0,82	3,305	0,69
	PU	Kontrol	4,087	0,58	4,148	0,55
		144 saat	3,924	0,71	3,914	0,63
		288 saat	3,689	0,61	4,052	0,64
		432 saat	3,534	0,53	2,770	0,33
		576 saat	3,411	0,50	2,959	0,69

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, **: Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır. X̄: Aritmetik ortalama, Ss: Standart Sapmayı ifade eder.

Yüzeye yapışma direnci değeri için ağaç türü, ısıtım işlemi, vernik çeşidi, yaşlandırma periyoduna göre farklı değerler elde edilmiştir (Çizelge 3.145). Bu farklılığın hangi

faktörden kaynaklandığını ortaya çıkarmak amacıyla Çoklu Varyans Analizi (ANOVA) yapılarak sonuçları Çizelge 3.146’da verilmiştir.

Çizelge 3.146. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzeye yapışma direnci değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Kaynak/Etkileşim	Kareler toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P, $\alpha=0,05$
Ağaç (A)	61,055	1	61,055	188,987	0,000*
Isıl işlem (B)	25,697	2	12,849	39,771	0,000*
Vernik çeşidi (C)	65,238	3	21,746	67,311	0,000*
Yaşlandırma (D)	42,762	4	10,691	33,091	0,000*
Etkileşim (AB)	10,307	2	5,154	15,952	0,000*
Etkileşim (AC)	55,599	3	18,533	57,366	0,000*
Etkileşim (AD)	9,712	4	2,428	7,515	0,000*
Etkileşim (BC)	73,75	6	12,292	38,047	0,000*
Etkileşim (BD)	5,313	8	0,664	2,056	0,037*
Etkileşim (CD)	45,749	12	3,812	11,801	0,000*
Etkileşim (ABC)	22,451	6	3,742	11,582	0,000*
Etkileşim (ABD)	3,936	8	0,492	1,523	0,145**
Etkileşim (ACD)	16,054	12	1,338	4,141	0,000*
Etkileşim (BCD)	30	24	1,25	3,869	0,000*
Etkileşim (ABCD)	13,81	24	0,575	1,781	0,012*
Hata	348,913	1080	0,323		
Toplam	15303,771	1200			

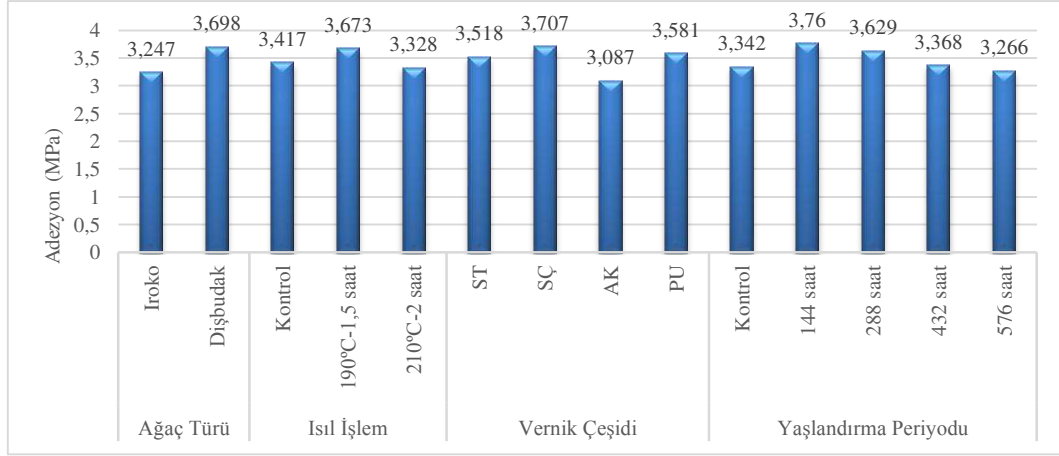
*: Anlamlı ($\alpha=0,05$ ’e göre), **: Önemsiz

Varyans analiz sonucuna göre, ağaç türü- ısıt işlem- yaşlandırma periyodu (ABD) faktörlerinin üçlü etkileşimi önemsiz, bunun dışındaki, ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimlerinin tümü %95 güven aralığında önemli çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Önemli çıkan faktör ve etkileşimlerin homojenlik grupları oluşturularak ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzeye yapışma direnci düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.147’de, bunlara ait grafik Şekil 3.122’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.147. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait yüzeye yapışma direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Faktör	$\bar{X}$ (MPa)	HG
Ağaç Türü	Iroko	B
	Dişbudak	A*
Isıl İşlem	Kontrol	B
	190°C-1,5 saat	A*
	212°C-2 saat	B
Vernik Çeşidi	ST	B
	SÇ	A*
	AK	C
	PU	AB
Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	B
	144 saat	A*
	288 saat	A*
	432 saat	B
	576 saat	B

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci (MPa) değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.122. Ağaç türü, ısıtım işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü faktörü düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek dişbudakta (3,698 MPa), en düşük ıroko (3,247 MPa) tespit edilmiştir. Ağaç türü faktörü düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçlarına göre % 95 güven aralığında yüzeye yapışma direnci değerleri bakımından iki ağaç türü farklı homojenlik gruplarında yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 3.147). Literatürde, [49]'un çalışmasında adezyon direnci değeri üzerine ağaç türü ve vernik çeşidi faktörünün etkisinin önemli olduğu bildirilmiştir. [36]'nın yaptığı çalışmada en yüksek adezyon kuvveti değerini PU vernikli örneklerde; sarıçam (4,98 MPa), ıroko (5,88 MPa) ve dişbudakta (6,61 MPa) elde edildiği bildirilmiştir. [74]'ün çalışmasında ThermoWood'lu sarıçam, meşe ve kayın örneklerinden en yüksek değerin kayın (2,145), en düşük değerin ise bünyesindeki ekstraktif maddeleri bulunduran sarıçam örneklerinde (1,264) elde edildiğini bildirmiştir. [82]'ye göre tahta koruyucu uygulanan meşe ve ıroko örneklerinde yüzeye yapışma direncinin düşük çıkmasını, bu türlerin halkalı traheli bir yapıya sahip oluşu, spesifik adezyonun azalması ve bünyesinde bulunan tabakat asitlerinin yapışmayı azaltıcı bir etki yapmasından kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Literatürde bu sonucu desteklemektedir [190]. Ayrıca literatürde çalışma sonucu ile uyumlu olmayan [68]'e göre su çözücülü verniklerin uygulandığı sarıçam, meşe ve kayın deney örneklerinde ağaç ve vernik türü ile uygulama yönteminin yüzeye yapışma direnci üzerinde etkili olmadığı bildirilmiştir.

Isıl işlem faktörü düzeyinde, en yüksek değer 190°C'de 1,5 saat ısıtım işlemi görmüş örneklerde (3,673 MPa), en düşük değer 212°C'de 2 saat ısıtım işlemi görmüş örneklerde (3,328 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.147). Isıl işlem faktörü düzeyinde Duncan testi ile yapılan ve istatistiki olarak %95 güven düzeyindeki belirlenen homojenlik gruplarında

kontrol ve 212°C’de 2 saat ısıtıl işlem gören örnekler aynı grupta yer almıştır. Dolayısıyla adezyon değeri üzerindeki etkileri benzerdir. 190°C’de 1,5 saat ısıtıl işlem gören örnekler ise diğerlerinden farklı bir grupta yer almıştır (Çizelge 3.147). Kontrol grubuna göre 190°C’de 1,5 saat ısıtıl işlem gören örneklerin adezyon kuvvet direnci yüksek çıkmıştır. Isıl işlemin sıcaklık ve süresinin artmasına bağlı olarak adezyon kuvvet direnci değerlerinin başlangıçta arttığı ve belirli süre ile sıcaklık artışından sonra azaldığı söylenebilir. Bu sonuçlar literatür ile uyumludur. [74]’e göre ThermoWood’lu malzemede en yüksek yüzeye yapışma direnci değeri 190°C’de 2 saatte, en düşük değer 212°C’de 2 saatte elde edilmiştir. Dolayısıyla ısıtıl işlem uygulamasında sıcaklık arttıkça ve süre uzadıkça yüzeye yapışma direnci değerinin azaldığı bildirilmiştir. [36]’nın çalışmasında ThermoWood’lu ağaç örneklerinin vernik yapışma direnci genellikle daha düşük olduğu belirtilmiştir. [191]’in yaptığı çalışmada ısıtıl işlemin süresi ve sıcaklığının artması adezyon kuvvet direncini azaltıcı etki yaptığı bildirilmiştir. [178]’e göre 100°C’de 2 saat ısıtıl işleme tabi tutulan numunelerde yapışma dirençlerinde iyileşmeler görülürken, 100°C’de 4,6 saat, 125°C ve 150°C’de 2, 4 ve 6 saat bekletilen numunelerde yapışma direncinin olumsuz etkilendiği bildirilmiştir. Literatürde ısıtıl işlem sıcaklık ve süresinin adezyon kuvvet direncini azalttığına ilişkin farklı çalışmalar mevcuttur [98], [192], [179].

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek SÇ vernikte (3,707 MPa), en düşük AK vernikte (3,087 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.147). Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre farklı homojenlik gruplarını oluşturarak adezyon direnci üzerinde verniklerin farklı şekilde etkilerinin olduğu ortaya çıkmıştır. Adezyon direnci değeri sırasıyla en yüksek; SÇ vernik (3,707 MPa), PU vernik (3,581 MPa), ST vernik (3,518 MPa) ve en düşük değer AK vernikte (3,087 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.147). Literatürde, çalışmanın sonuçlarını destekleyen çalışmalar mevcuttur. [117] tarafından yapılan çalışmada su bazlı verniklerin, fiziksel performans özelliklerinin olumlu sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada sentetik vernik ile su bazlı verniği karşılaştırılmış ve su bazlı verniğin daha yüksek yüzeye yapışma direncine sahip olduğunu bildirmiştir [201]. SÇ vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci ST vernikten daha yüksek çıktığı bunun sebebi ise bu iki vernik türünün reçine tipi ve kuruma mekanizmalarının farklı olmasının yanı sıra, vernik katmanı ile ağaç malzeme arasında kurulan adezyon bağlarının SÇ vernikte daha güçlü olmasından kaynaklandığını bildirmiştir [193]. [141]’ye göre ST vernik uygulanan örneklerin SÇ vernik uygulanan

örneklerden daha yüksek yüzeye yapışma değerine sahip olduğu bildirilmiştir. Su bazlı verniklerin ağaç malzeme yüzeyinde adezyonu yüksek katmanlar vermesinde su bazlı verniklerin molekül iriliklerinin küçük oluşunun etkili olduğu ve molekül iriliği arttıkça kohezyonunun arttığı, molekül iriliği azaldıkça adezyonun arttığı bildirilmiştir [54],[68]. [182]'e göre ısı işlemsiz farklı ağaç örneklerine uygulanan sentetik, poliüretan ve akrilik vernikler arasından en yüksek adezyon direnci değeri AK vernikte ve sonrasında ise PU vernikte elde edildiği en düşük değer ise sentetik vernikte elde edildiği bildirilmiştir. Literatürdeki farklı çalışmalarda farklı türdeki ağaçlara uygulanan verniklerin yüzeye yapışma direnci en yüksek PU vernikte elde edildiği bildirilmiştir [36], [49], [194], [195]. Literatürde [61]'e göre ahşap yüzeyler için hazırlanan verniklerde kuru katmanda en yüksek yapışma direncinin, kurumasını kimyasal reaksiyon sonucu tamamlayan vernik türlerinde elde edildiği bildirilmiştir. [193]'e göre yüzeye yapışma değeri bakımından ST verniğin SÇ vernikten daha yüksek değerler verdiğini ve ağaç malzemenin rutubet miktarının yüzeye yapışma değeri üzerinde etkisinin olmadığını bildirmiştir.

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde en yüksek değer 144 saat yaşlandırılan örneklerde (3,760 MPa), en düşük değer 576 saat yaşlandırılan örneklerde (3,266 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.147). Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yapılan istatistiki analize göre Duncan testi sonuçları % 95 güven düzeyinde 5 farklı varyasyon yaşlandırma süresinin iki farklı homojenlik grubu oluşturdukları belirlenmiştir. Dolayısıyla UVB 313 EL tipi lamba ile yüzeyleri yaşlandırılan farklı vernikli deney örneklerinin adezyon dirençleri üzerine yaşlandırma süresinin etkisi 144 ve 288 saat'te benzer olduğu gibi kontrol; 432; 576 saat yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerin kendi aralarında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Literatürde, [74] çalışmasında hızlandırılmış yaşlandırma işleminde uygulanan UVA 340 tipi lamba etkisiyle periyodun ilk aşamasında adezyon direnci değerinde artış, ilerleyen aşamalarında ise azalma olduğunu bildirmiştir. [14]'e göre iroko kontrol örneğinin xenon ark lambası ile yaşlandırma öncesinde adezyon değerinin düşük çıkmasına rağmen; 144 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma etkisi altında artış gösterip; 288 saatlik yaşlandırmada bunun tam tersi bir şekilde azalmanın belirlendiğini bildirmiştir. [82]'ye göre UVA-340 tipi lamba ile yapılan hızlandırılmış yaşlandırma süreci yüzeye yapışma direncini artırdığı belirlenmiştir. Literatür ile çalışmanın sonuçları uyumlu olduğu söylenebilir. [195]'e göre 96 saat deniz suyu buharında yaşlandırılan iroko odunu verniksiz (kontrol) örneklerinin yüzeye yapışma direnci %21,7 oranında azalırken, vernikli örneklerde % 5,8 ile %11,2 oranları arasında azalma meydana geldiği bildirilmiştir. [196]'ya göre yüzeylerine farklı tür vernikler

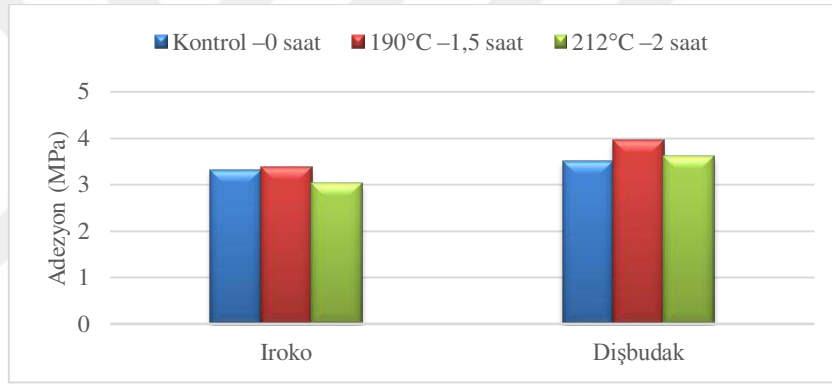
uygulanan ağaç mazleme örnekleri 5 yıl süreyle dış ortamda yaşlandırmaya tabi tutulduğunda yüzeye yapışma direncinde %4,2 ile %33,9 oranlarında azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Sıcak-soğuk etkisi ile yapılan yaşlandırma da adezyon değeri azalmıştır [141]. UV lamba ile yapılan yaşlandırma etkisi ile adezyon değeri azalmıştır [201].

Ağaç türü - ısıt işlem faktörü (AB) düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.148’de, buna ait grafik Şekil 3.123’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.148. Ağaç türü ve ısıt işlem ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AB	Kontrol		190°C–1,5 saat		212°C–2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	3,322	D	3,392	CD	3,027	E
Dişbudak	3,512	BC	3,954	A*	3,628	B

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek değerini ifade etmektedir. A: Ağaç türü, B: Isıt işlem, Aynı faktör içerisindeki aynı harflerle gösterilen aritmetik ortalamalar arasında fark yoktur.



Şekil 3.123. Ağaç türü ve ısıt işlem faktörleri ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

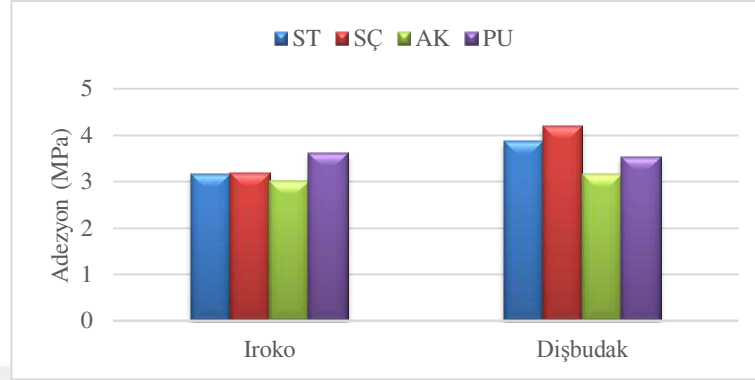
Ağaç türü - ısıt işlem (AB) etkileşimi düzeyinde yüzey yapışma direnci en yüksek değer, dişbudak türüne ait 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem gören örneklerde (3,954 MPa), en düşük değer iroko 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören örneklerde (3,027 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.148). Ayrıca ağaç türleri kendi içinde incelendiğinde iroko için; en yüksek değer 190°C’de 1,5 saat ısıt işleme tabi tutulmuş olan örneklerde (3,392 MPa), en düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören örneklerde (3,027 MPa) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem gören örneklerinde (3,954 MPa) en düşük değer ise kontrol grubunu oluşturan örneklerde (3,512 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.148).

Ağaç türü - vernik çeşidi faktörü (AC) düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.149’da, buna ait grafik Şekil 3.124’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.149. Ağaç türü ve vernik çeşidi ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	3,160	D	3,203	D	3,010	E	3,617	C
Dişbudak	3,874	B	4,209	A*	3,164	D	3,545	C

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci (MPa) değerini ifade etmektedir. A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi.



Şekil 3.124. Ağaç türü ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

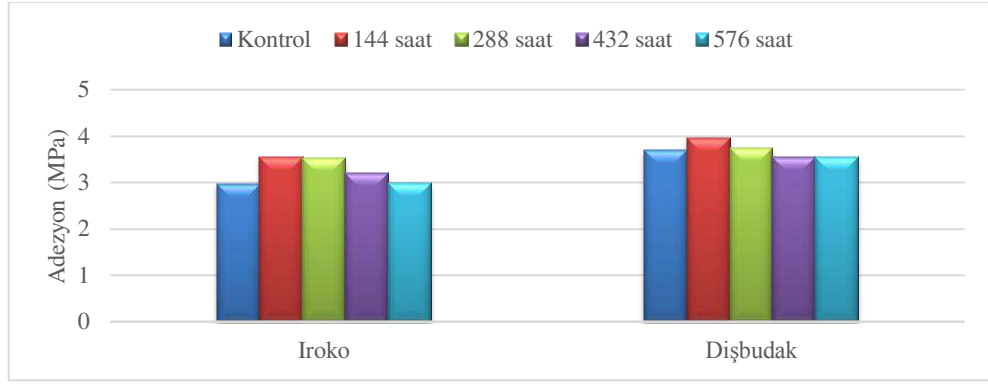
Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) etkileşimi yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek değer SÇ vernik uygulanan dişbudakta (4,209 MPa), en düşük değer AK vernik uygulanan irokoda (3,010 MPa) elde edilmiştir. Ayrıca ağaç türleri kendi içinde incelenirse iroko için en yüksek PU vernik uygulanan örneklerde (3,617 MPa), en düşük AK vernik uygulanan deney örneklerinde (3,010 MPa) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek SÇ vernik uygulanan örneklerde (4,209 MPa), en düşük AK vernik uygulanmış deney örneklerinde (3,164 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.149).

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktörü düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.150’de, bunlara ait grafik Şekil 3.125’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.150. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	2,978	F	3,551	DC	3,527	D	3,194	E	2,986	F
Dişbudak	3,707	CB	3,969	A*	3,731	B	3,541	DC	3,545	DC

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek değerini ifade etmektedir. A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu.



Şekil 3.125. Ağaç türü ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

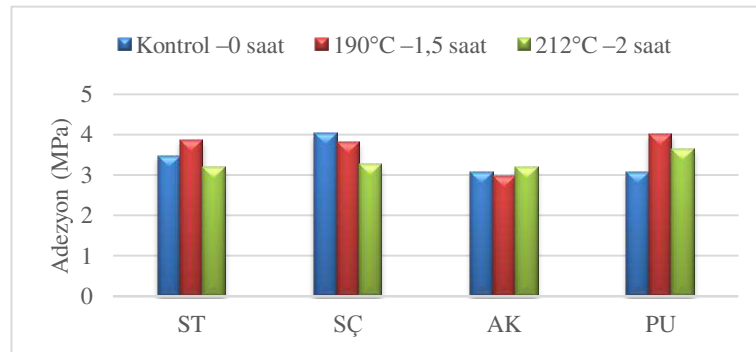
Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktörü etkileşimi düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek dişbudak 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (3,969 MPa), en düşük değer iroko kontrol örneklerinde (2,978 MPa) elde edilmiştir. Ayrıca ağaç türleri kendi içlerinde incelenirse iroko için en yüksek 144 saat yaşlandırılan örneklerde (3,551 MPa), en düşük kontrol örneklerinde (2,978 MPa) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (3,969 MPa), en düşük değer ise, 432 saat yaşlandırılan örneklerde (3,541) elde edilmiştir (Çizelge 3.150).

Isıl işlem - vernik çeşidi faktörü düzeyinde yapılan (BC) ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.151’de, buna ait grafik Şekil 3.126’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.151. Isıl işlem ve vernik çeşidi ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BC	ST		SÇ		AK		PU	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	3,478	D	4,030	A*	3,082	GF	3,079	GF
190°C – 1,5 saat	3,869	BA	3,820	B	2,990	G	4,015	A*
212°C – 2 saat	3,206	FE	3,270	E	3,188	FE	3,649	C

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek değerini ifade etmektedir. B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi,



Şekil 3.126. Isıl işlem ve vernik çeşidi faktörleri ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

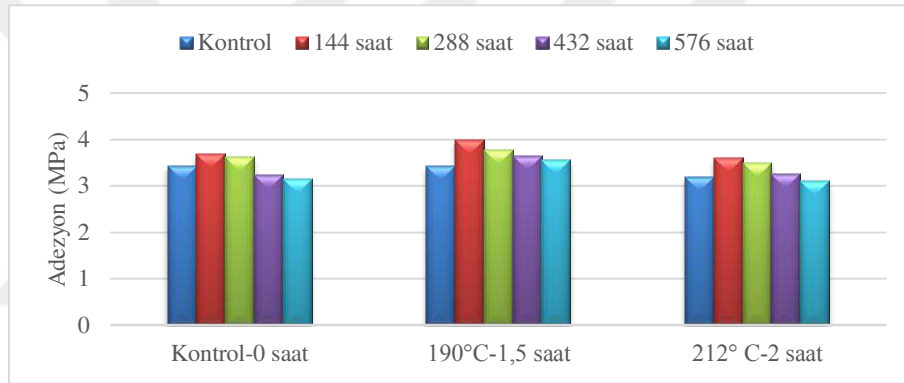
Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktörü etkileşimi düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek ısıl işlem görmemiş olan SÇ vernik uygulanan örneklerde (4,030 MPa) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıl işlem gören ve AK vernik uygulanan örneklerde (2,990 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.151).

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktörü (BD) düzeyinde ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.152’de, bunlara ait grafik Şekil 3.127’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.152. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	3,416	ED	3,680	CB	3,623	DCB	3,223	FE	3,144	F
190°C- 1,5 saat	3,413	ED	3,990	A*	3,773	B	3,636	CB	3,554	DC
212°C- 2 saat	3,197	F	3,611	DCB	3,491	DC	3,244	FE	3,099	F

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek değerini ifade etmektedir. **B**: Isıl İşlem, **D**: Yaşlandırma Periyodu,



Şekil 3.127. Isıl işlem ve yaşlandırma periyodu faktörleri ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

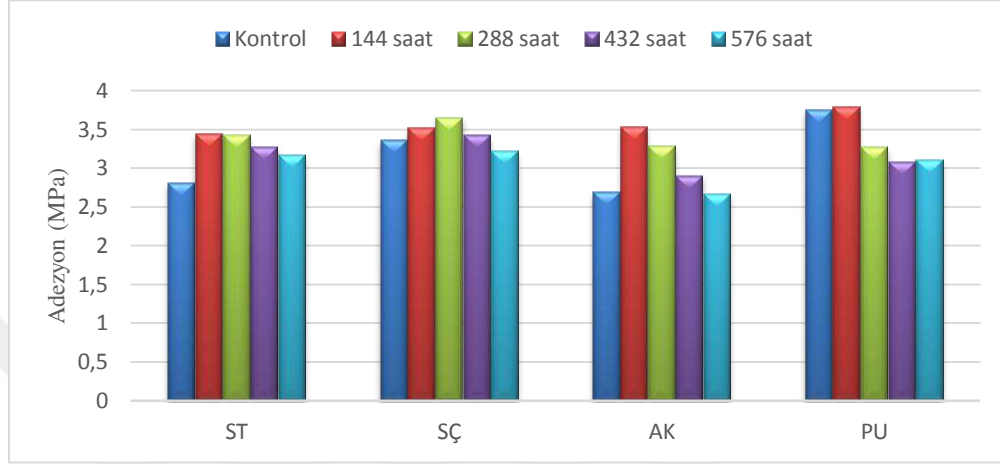
Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) etkileşimi düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek 190°C’de 1,5 saat ısıl işlem görmüş ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (3,990 MPa) elde edilmiştir. En düşük değer 212°C’de 2 saat ısıl işlem görmüş grubun 576 saat yaşlandırılmış örneklerinde (3,099 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.152).

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktörü (CD) düzeyinde ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.152’de, bunlara ait grafik Şekil 3.127’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.153. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu									
	Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
ST	2,810	J	3,444	EDC	3,427	FEDC	3,273	HGFED	3,164	HGF
SÇ	3,357	GFED	3,521	DCB	3,644	CBA	3,420	FEDC	3,216	HGFE
AK	2,694	J	3,534	DCB	3,282	HGFED	2,907	JI	2,674	J
PU	3,746	BA	3,792	A*	3,277	HGFED	3,074	IH	3,106	IHG

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek değerini ifade etmektedir. C: Vernik Çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu.



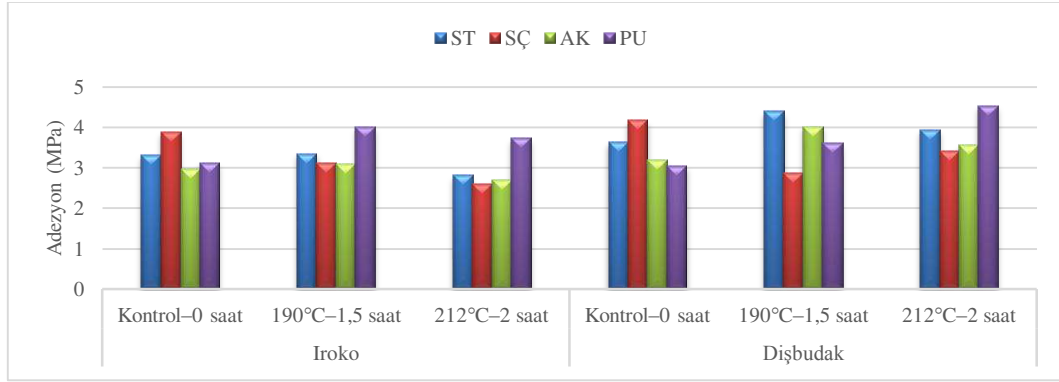
Şekil 3.127. Vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü – ısı işlem - vernik çeşidi faktörü (ABC) düzeyinde üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.154’de, bunlara ait grafik Şekil 3.128’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.154. Ağaç türü, ısı işlem ve vernik çeşidi üçlü etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC		ST		SÇ		AK		PU	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	Kontrol	3,317	K-H	3,889	EDC	2,967	NML	3,115	MLK
	190°C–1,5 saat	3,351	J-G	3,112	M-J	3,099	N-J	4,008	DC
	212°C–2 saat	2,812	ON	2,607	O	2,692	NML	3,729	FED
Dişbudak	Kontrol	3,638	GFE	4,170	CB	3,197	LKJI	3,044	N-K
	190°C–1,5 saat	4,387	BA	2,880	ONM	4,022	C	3,601	HGF
	212°C–2 saat	3,932	DC	3,414	IHG	3,568	HGF	4,529	A*

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek değerini ifade etmektedir. A: Ağaç Türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi.



Şekil 3.128. Ağaç türü, ısıtma işlemi ve vernik çeşidi faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

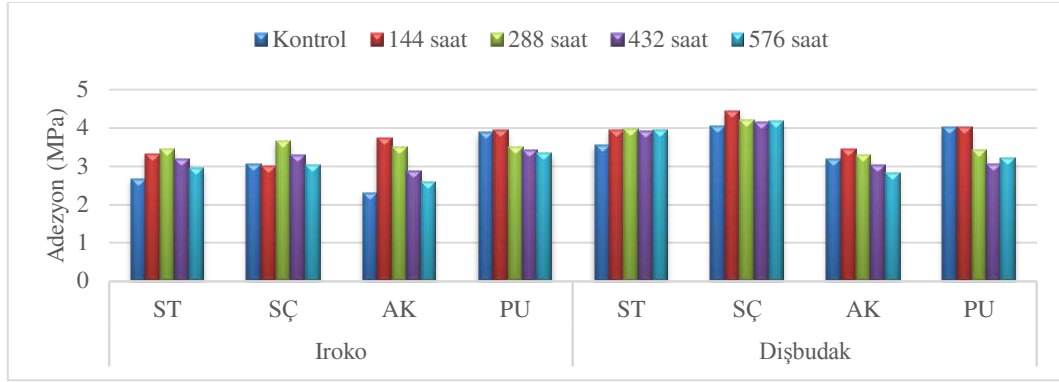
Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi faktörü (ABC) düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek dişbudak 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi gören ve yüzeyine PU vernik uygulanan örneklerde (4,529 MPa), en düşük değer irokonun 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş olan ve yüzeyine SÇ vernik uygulanmış örneklerde (2,607 MPa) elde edilmiştir. Ayrıca ağaç türü bakımından incelenirse iroko için 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlemi görmüş ve yüzeylerine PU vernik uygulanan örneklerinde (4,008 MPa) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş olan ve yüzeyine SÇ vernik uygulanmış örneklerde (2,607 MPa) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş olan ve yüzeyine PU vernik uygulanmış örneklerinde (4,529 MPa), en düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlemi görmüş olan ve yüzeyine SÇ vernik uygulanan örneklerde (2,880 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.153).

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.155’de, bunlara ait grafik Şekil 3.129’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.155. Ağaç türü, vernik çeşidi, yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Iroko	ST	2,679	ON	3,325	I-F	3,446	J-G	3,189	M-I	2,961	O-K
	SÇ	3,042	N-J	2,993	N-K	3,658	H-D	3,290	L-H	3,031	N-J
	AK	2,313	P	3,745	G-C	3,503	I-F	2,887	O-L	2,601	PO
	PU	3,876	F-B	3,943	E-B	3,502	I-F	3,412	J-G	3,352	K-G
Dişbudak	ST	3,552	I-E	3,958	D-B	3,985	D-B	3,935	E-B	3,947	E-B
	SÇ	4,058	D-B	4,460	A*	4,199	BA	4,147	C-A	4,187	BA
	AK	3,203	M-I	3,442	J-G	3,305	K-H	3,032	N-J	2,837	O-M
	PU	4,014	D-B	4,016	D-B	3,436	J-G	3,049	N-J	3,209	M-I

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek değerini ifade etmektedir. A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu.



Şekil 3.129. Ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

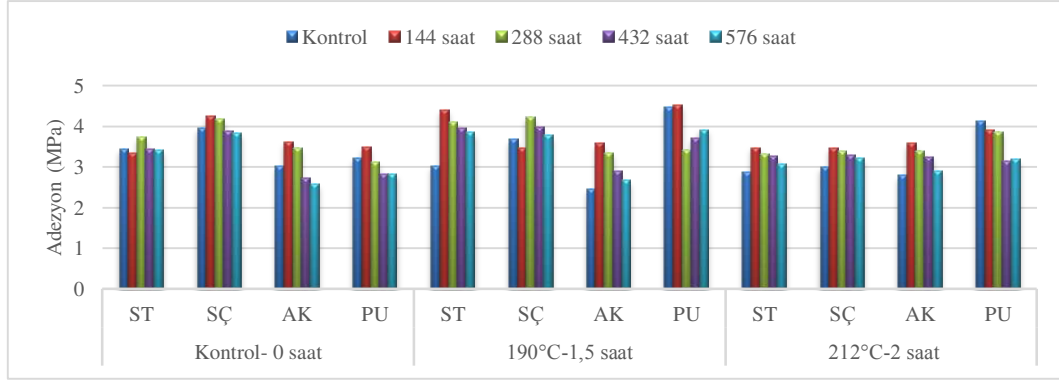
Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktörü etkileşim düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek dişbudak üzerine SÇ uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılan örneklerde (4,460 MPa) en düşük değer ise iroko üzerine AK vernik uygulanan yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (2,313 MPa) elde edilmiştir. Ayrıca ağaç türleri kendi aralarında incelenirse iroko için yüzeyine PU vernik uygulanan ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (3,943 MPa) elde edilmiştir. En düşük ise yüzeyine AK vernik uygulanmış ve yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (2,313 MPa) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer yüzeyine SÇ vernik uygulanan ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (4,460 MPa), en düşük ise yüzeyine AK vernik uygulanan 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (2,837 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.155).

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü düzeyinde yapılan üçlü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.156'da, bunlara ait grafik Şekil 3.130'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.156. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu üçlü etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD		Yaşlandırma Periyodu									
		Kontrol		144 saat		288 saat		432 saat		576 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	ST	3,444	S-I	3,353	U-J	3,721	N-D	3,446	S-H	3,424	S-I
	SÇ	3,969	H-B	4,260	C-A	4,191	E-A	3,890	J-B	3,838	L-C
	AK	3,021	V-R	3,614	P-F	3,467	R-H	2,728	Z-Y	2,580	ZW
	PU	3,231	Y-N	3,499	R-H	3,126	V-O	2,828	Z-U	2,828	Z-Y
190°C-1,5 saat	ST	3,027	V-R	4,391	BA	4,104	G-A	3,969	H-B	3,853	L-C
	SÇ	3,679	O-E	3,457	R-H	4,218	D-A	3,975	H-B	3,774	M-C
	AK	2,460	Z	3,585	P-G	3,350	U-K	2,888	Z-T	2,666	Z-Q
	PU	4,487	A*	4,528	A*	3,422	S-I	3,712	N-D	3,924	I-B
212°C-2 saat	ST	2,876	Z-T	3,479	R-H	3,321	V-L	3,270	V-M	3,084	V-P
	SÇ	3,001	V-R	3,463	R-H	3,378	T-J	3,290	V-M	3,216	Y-N
	AK	2,792	Z-V	3,583	P-G	3,395	T-J	3,262	V-M	2,910	Z-S
	PU	4,117	F-A	3,919	I-B	3,871	K-C	3,152	V-O	3,185	V-N

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek değerini ifade etmektedir. B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu.



Şekil 3.130. Isıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri üçlü etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

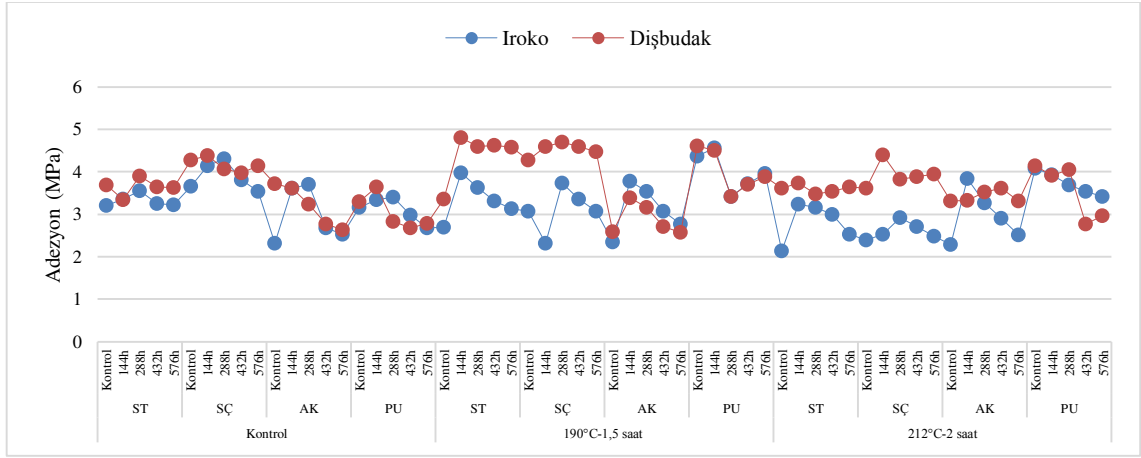
Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktörü üçlü etkileşim düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri için en yüksek 190°C’de 1,5 saat ısıtılma gören ve yüzeyine PU vernik uygulanmış 144 saat yaşlandırma görmüş örneklerde (4,528 MPa) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat ısıtılma gören ve yüzeylerine AK vernik uygulanan ve yaşlandırılmamış örneklerde (2,460 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.156).

Ağaç türü - ısıtılma - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü düzeyinde yapılan dördü etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.157’de, bunlara ait grafik Şekil 3.131’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.157. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimin yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör (ABCD) / Ağaç Türü (A)			Iroko		Dişbudak	
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	Ortalama ($\bar{X}$)	HG	Ortalama ($\bar{X}$)	HG
Kontrol	ST	Kontrol	3,206	m-W	3,683	Z-I
		144 saat	3,363	g-P	3,343	h-P
		288 saat	3,549	c-L	3,893	T-G
		432 saat	3,246	l-T	3,646	a-J
		576 saat	3,223	l-W	3,626	b-L
	SÇ	Kontrol	3,661	Z-J	4,278	K-A
		144 saat	4,137	L-B	4,382	H-A
		288 saat	4,314	I-A	4,067	N-C
		432 saat	3,805	V-H	3,976	P-D
		576 saat	3,531	c-L	4,145	L-B
	AK	Kontrol	2,319	v-t	3,723	Z-I
		144 saat	3,614	b-L	3,614	b-L
		288 saat	3,697	Z-I	3,238	l-U
		432 saat	2,683	v-j	2,772	u-f
		576 saat	2,523	v-p	2,637	v-l
	PU	Kontrol	3,167	n-W	3,294	k-R
		144 saat	3,345	g-P	3,638	a-K
		288 saat	3,396	g-P	2,833	u-d
		432 saat	2,983	r-b	2,673	v-k
		576 saat	2,683	v-j	2,782	u-e
190°C-1,5 saat	ST	Kontrol	2,700	v-i	3,355	g-P
		144 saat	3,979	P-D	4,804	A*
		288 saat	3,622	b-L	4,586	E-A
		432 saat	3,319	j-Q	4,620	C-A
		576 saat	3,134	p-Y	4,571	E-A
	SÇ	Kontrol	3,075	q-X	4,283	J-A
		144 saat	2,313	v-t	4,600	D-A
		288 saat	3,736	Y-I	4,700	BA
		432 saat	3,363	g-P	4,587	E-A
		576 saat	3,075	q-X	4,473	G-A
	AK	Kontrol	2,339	v-s	2,581	v-m
		144 saat	3,782	Y-I	3,387	g-P
		288 saat	3,541	c-L	3,158	o-V
		432 saat	3,070	q-Z	2,705	v-h
		576 saat	2,764	u-g	2,568	v-n
	PU	Kontrol	4,374	H-A	4,601	D-A
		144 saat	4,561	F-A	4,496	G-A
		288 saat	3,421	e-N	3,423	e-N
		432 saat	3,718	Z-I	3,706	Z-I
		576 saat	3,964	Q-E	3,885	U-G
212°C- 2 saat	ST	Kontrol	2,132	v	3,620	b-L
		144 saat	3,232	l-U	3,727	X-I
		288 saat	3,166	n-W	3,476	d-M
		432 saat	3,002	r-a	3,539	c-L
		576 saat	2,526	v-o	3,642	a-K
	SÇ	Kontrol	2,391	v-r	3,612	b-L
		144 saat	2,528	v-o	4,397	H-A
		288 saat	2,926	t-c	3,831	W-H
		432 saat	2,702	v-i	3,878	U-G
		576 saat	2,487	v-q	3,945	R-F
	AK	Kontrol	2,281	vu	3,304	k-R
		144 saat	3,839	W-H	3,326	i-P
		288 saat	3,271	l-S	3,520	c-L
		432 saat	2,907	u-c	3,618	b-L
		576 saat	2,515	v-p	3,305	k-R
	PU	Kontrol	4,087	M-B	4,148	L-B
		144 saat	3,924	S-G	3,914	S-G
		288 saat	3,689	Z-I	4,052	O-C
		432 saat	3,534	c-L	2,770	u-f
		576 saat	3,411	f-O	2,959	s-c

X: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek değeri ifade etmektedir. B: Isıl İşlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu.



Şekil 3.131. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri dördümlü etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırılması.

Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktörü dördümlü etkileşim düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek, 190°C’de 1,5 saat süreyle ısıtma işlemi gören dişbudak örnekleri yüzeylerine ST vernik uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (4,804 MPa) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat süreyle ısıtma işlemi görmüş iroko yüzeyine ST vernik uygulandıktan sonra yaşlandırma görmemiş kontrol örneklerinde (2,132 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.157).

Ağaç türleri incelenirse iroko için en yüksek 190°C’de 1,5 saat ısıtma işlemi gördükten sonra yüzeylerine PU vernik uygulanmış ve 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (4,561 MPa) elde edilmiştir. En düşük değer ise 212°C’de 2 saat süreyle ısıtma işlemi görmüş ve yüzeyine ST vernik uygulandıktan sonra yaşlandırma görmemiş kontrol örneklerinde (2,132 MPa) elde edilmiştir. Dişbudak için ise en yüksek değer 190°C’de 1,5 saat süreyle ısıtma işlemi gören ve yüzeylerine ST vernik uygulandıktan sonra 144 saat yaşlandırılmış örneklerde (4,804 MPa) elde edilmiştir. En düşük değer ise 190°C’de 1,5 saat süreyle ısıtma işlemi görmüş ve yüzeyine AK vernik uygulanan 576 saat yaşlandırılmış örneklerde (2,568 MPa) elde edilmiştir (Çizelge 3.157).

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ağaç malzemenin kullanım süresini uzatmak ve estetik değerini artırmak için yapılan yüzey işlemleri ile oluşturulan koruyucu katmanda zaman içerisinde yaşlanmaya (eskimeye) bağlı olarak bozulmalar meydana gelmektedir [14]. Deniz ortamında kullanılan ağaç malzemelerin kullanıldığı yerde daha stabil ve uzun ömürlü aynı zamanda üstün görsel özelliklere sahip olması arzu edilmektedir. Bunu sağlamak için en uygun malzeme seçimi, ortam şartlarına uyum, kullanım ve servis imkanları vd. durumların optimum olarak belirlenmesi önem arz etmektedir. Dolayısıyla öncelikle deniz ortamındaki yat ve tekne imalatı ve iç dekorasyonunda harici etkilere maruz kalacak malzemelerin doğru ve bilinçli olarak seçilmesi gerekmektedir.

Araştırmada, ST, SÇ, PU, AK vernik katmanlarına ait testler sonucunda elde edilen verilere ait sonuçlar; L^* , a^* , b^* , ΔE^* değeri, liflere paralel ve dik yönde parlaklık değeri, yüzey pürüzlülüğü (Ra^* , Rq^* , Rz^*), salınımsal sertlik değeri, yüzeye yapışma direnci (MPa), gibi farklı alt başlıklar oluşturularak bu bölümde verilmiştir. Bu başlıklar altında her bir faktörün; (ağaç türü, ısıtma işlem süresi, vernik çeşidi, UVB-313 EL tipi lamba ile 0-144-288-432-576 saatlik yaşlandırma) etkisine ait sonuçlar yat ve tekne imalat sektöründe kullanımı bakımından değerlendirilmiştir.

Verniklere ait ortalama kuru katman kalınlığı PU vernikte ($141,8 \mu m$) olmak üzere AK vernikte ($130,2 \mu m$), SÇ vernikte ($112,4 \mu m$) ve ST vernikte ($105,0 \mu m$) elde edilmiştir. Katman kalınlıklarında birbirinden farklı olmakla birlikte, su bazlı verniklere ait astarların kısmi doldurma özelliği ve katı madde miktarlarının düşük olmasından dolayı, diğerlerine nazaran daha ince katmanlar oluşturmuşlardır.

Araştırma sonuçlarına göre; $190^\circ C$ 'de 1,5 saat ısıtma işlemi etkisiyle; renk (b^* : $-19,29$, L^* : $-30,48$, ΔE^* : $-24,97$), parlaklık ($-1,17$) ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ($-13,16$) azalmıştır. Kırmızı renk (a^*) ($9,47$), salınımsal yüzey sertlik ($5,26$), yüzeye yapışma direnci ($7,49$) değerleri ise artmıştır. $212^\circ C$ 'de 2 saat ısıtma işlemi gören deney örneklerinde renk (a^* : $-27,79$), (b^* : $-46,94$), (L^* : $-48,76$), (ΔE^* : $-46,59$), parlaklık

(-%1,3-2), yüzey pürüzlülük (-%2,63), yüzeye yapışma direnci (-%2,6) değerlerinde farklı oranlarda azalma; yüzey sertliğinde (%4,38) ise artış tespit edilmiştir.

4.1. RENK DEĞİŞİMİ DEĞERLERİNE AİT SONUÇLAR

4.1.1. Kırmızı Renk Değerine (a*) Ait Sonuçlar

Araştırma sonuçlarına göre, ağaç malzeme türü düzeyinde elde edilen a* değeri irokoda (18,52), dişbudakta (13,98) elde edilmiştir. Yurt dışından ithal edilen iroko odunu örneklerine ait kırmızı renk değeri yerli dişbudak odunu örneklerinden %32,47 oranında daha yüksek bulunmuştur. Dolayısıyla açık renkli olan dişbudak odununa ait örneklerin daha düşük kırmızı renk değerine sahip olduğu söylenebilir. Bunun sebebinin ağaç malzemelerin anatomik yapısındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Isıl işlem düzeyinde (ThermoWood yöntemi ile) kırmızı renk (a*) değerinin kontrol örneklerine göre, 190°C’de 1,5 saat ısıtım işlem gören örneklerde % 9,47 oranında arttığı, 212°C’de 2 saat ısıtım işlem gören örnekler ise %27,79 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca 190°C’de 1,5 saat ısıtım işlem gören örneklerin 212°C’de 2 saat ısıtım işlem gören örneklerden %34,03 oranında daha yüksek a* değerine sahip olduğu söylenebilir. ThermoWood yöntemi ile yapılan işlemde başlangıçta artan a* değeri süre ve sıcaklığın artmasıyla doğal rengi koyulaştırarak kahverengine benzer koyu bir tona dönüştürdüğü ve buna bağlı olarak a* değerinin kontrol örneğine göre yaklaşık 1/3 oranında azaldığı belirlenmiştir. Renkte meydana gelen koyulaşmalar EK-1’de yer almaktadır.

Bu sonuçlara göre iroko ve dişbudak gibi ağaç malzemelere farklı sıcaklık ve süreyle ısıtım işlem uygulanması ağaç malzemeye kazandırdığı diğer özelliklerin yanında, hiçbir kimyasal ve toksik etkisi olmadan ağacın rengini farklı tonlarda koyulaştırmıştır. Isıl işlemin etkisi ile renk değişikliği sağlanması iroko ve dişbudak gibi türlerin, yat ve tekne kullanıcıları bakımından görsel olarak farklı bir malzeme algısı yarattığından iç ve dış dekorasyonda tercih sebebi olabilecektir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde, a* değeri su bazlı olan ST ve SÇ vernik türlerinde benzer ve en yüksek değerler elde edilirken solvent bazlı PU ve AK vernik uygulanmış örneklerde daha düşük değerler elde edilmiştir. Yat ve tekne imalatında kullanılacak olan malzemelerde çevreci ve sağlık açısından daha çok tercih edilen su bazlı verniklerin

kırmızı renk değerlerinin solvent bazlı verniklerden daha yüksek olduğunun bilinmesi üretici ve kullanıcılar açısından fayda sağlayabilir.

UVB-313 EL tipi lamba ile 0-576 saat arasındaki yaşlandırma yaklaşık olarak 2 yıla tekabül etmektedir. Literatürde, UVB-313 EL tipi lamba ile yapılan 100 saat yaşlandırmanın, 2688 saatlik (16 hafta) doğal yaşlandırma süresine tekabül ettiği bildirilmiştir [78]. Vernik katmanlarının a^* değerleri yaşlandırma periyodu faktöründe artış göstermiştir. 144 saat ve 432 saat yaşlandırma sürecinde en yüksek a^* değerleri elde edilmiştir. 432-576 saatlik yaşlandırma da ise a^* değerinde %4,82 oranında azalma meydana gelmiştir. Yat ve tekne mobilyalarında kullanılacak ahşap malzemenin aşırı sıcaklık, nem, rüzgar, tuzlu su buharı vb. gibi harici etkilere maruz kalmasıyla a^* değerlerinde artış gözlenmesi olasıdır. Yaşlandırılmamış kontrol örneğinin a^* değerinin düşük çıkması rengin yaşlandırma etkisi ile koyulaşarak kırmızımsı bir tona dönüştüğünü ifade etmek gerekir.

4.1.2. Sarı Renk Değerine (b^*) Ait Sonuçlar

Ağaç türü faktörü bakımından b^* değeri irokoda (25,54) ve dişbudakta (23,66) elde edilmiştir. Yat ve tekne imalat sanayide kullanılan bu ağaç türlerinin bünyesinde bulunan ana bileşenlerin ve ekstraktif madde oranlarına sahip olması b^* değerlerini etkilediği düşünülmektedir. Irokonun b^* değerinin yüksek olması, dişbudak odununa göre daha sarımsı ve daha koyu bir renk tonuna sahip olmasının yanında yıllık halkaları içindeki yaz odunu miktarının da daha fazla olmasına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Isıl işlem faktörü düzeyinde (ThermoWood yöntemi ile) sarı renk (b^*) değeri en yüksek kontrol örneklerinde ve en düşük 212°C'de 2 saat ısıtılma gören örneklerde elde edilmiştir. Ağaç malzemeye ThermoWood yöntemi ile uygulanan ısıtılmanın sıcaklık ve süresinin artmasıyla lignin degradasyonu ile rengin koyulaştığı ve stabil hale geldiği ve buna bağlı olarak sarı renk değerinin azaldığı söylenebilir. Çizelge 3.31'e göre (ABCD) dörtlü etkileşim sonucunda ısıtılma işlemi kontrol grubuna ait deney örneklerinde b^* değerleri yüksek çıktığı ve ısıtılma süresi ve sıcaklığının artmasıyla b^* değerleri düşme eğiliminde olduğu söylenebilir. Ayrıca 190°C'de ısıtılma işlemi görmüş olup yüzeyine AK vernik uygulanıp 576 saat yaşlandırılan örneklerin, 212°C'de ısıtılma işlemi görmüş olup yüzeyine PU vernik uygulanıp sonrasında 288 ve 576 saat yaşlandırılan örneklerin benzer sarı renk değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde, sarı renk değeri (b^*) su bazlı olan SÇ ve ST vernik türlerinde benzer ve en yüksek değerler elde edilirken, solvent bazlı PU vernik uygulanmış örneklerde daha düşük b^* değerleri elde edilmiştir. Yat ve tekne imalatında kullanılacak olan malzemelerde çevreci ve sağlık açısından daha çok tercih edilen su bazlı verniklerin sarı renk değerlerinin solvent bazlı verniklerden daha yüksek olduğunun bilinmesi üretici ve kullanıcılar açısından fayda sağlayabilir. Su bazlı verniklerin en yüksek sarı renk (b^*) değerine sahip olmasına; yüzey katman parlaklığındaki solmanın, sebep olduğu düşünülmektedir.

Sarı renk değerlerindeki değişim UVB-313 EL tipi lamba ile 0-576 saat arasındaki yaşlandırmada vernik katmanlarının b^* değerini ilk 0-288 saatte %5,57 oranında artırmış ancak sonrasında 288-576 saatlik yaşlandırma periyodunda %7,40 oranında azalmasına sebep olmuştur. 0-576 saatlik yaşlandırma sonucunda b^* değeri %2,25 oranında azalmıştır. Dış hava koşullarının taklit edilmesi esasına dayanan hızlandırılmış yaşlandırma sürecinde deniz ve marine koşullarında benzer tahribatların oluşacağı düşünüldüğünde uzun vadede sarı renk (b^*) değerlerinin azalması yat ve tekne içerisinde doğrudan su içinde kalmayan alanlarda kullanılan ağaç malzeme ve yüzeyindeki katmanın koyulaşabileceği veya sarımsı rengini kaybetmesine yol açabileceği düşünülmektedir.

4.1.3. Renk Parlaklık Değerlerine (L^*) Ait Sonuçlar

Yat ve tekne imalat endüstrisinde kullanım alanı bulan ağaç türleri faktörü düzeyinde L^* değeri, dişbudak'ta (43,99) ve ıroko'da (36,26) elde edilmiştir. Renk parlaklık değerindeki azalma rengin koyulaştığını, artma ise rengin daha açık tona dönüştüğü anlamına gelmektedir. Yat ve tekne iç dekorasyonunda kullanılacak olan ahşap malzemelerin daha parlak ve açık renkli olmasının istendiği durumlarda dişbudak türünün seçilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Ağaç türüne göre L^* değerlerindeki değişimin odunun anatomik yapısına ve tekstür özelliklerine göre değiştiği düşünülmektedir.

Isıl işlem (ThermoWood yöntemi) faktörü düzeyinde, L^* değeri en yüksek kontrol örneklerinde (54,47) ve en düşük 212°C'de 2 saat ısıtım gören örneklerde (27,91) elde edilmiştir. Kontrol örneğine göre 190°C'de 1,5 saat ısıtım görenlerde (-%30,48), 212°C'de 2 saat ısıtım görenlere göre (-%48,76) oranında azalmıştır. Literatürde ısıtım süre ve sıcaklığının ağaç malzeme bünyesindeki selüloz hemiselüloz ve ligninde meydana gelen kimyasal değişimlerden kaynaklandığı bildirilmiştir [108]. Yat ve tekne

imalatında kullanılan ahşap malzemeler harici ve ekstrem koşullara maruz kalacağından renk kararlılığı aranan ve istenen bir durum olmasından dolayı 190°C’de veya 212°C’de ısıtıl işlem gören aynı tür malzemelerin farklı renkleri ile bir arada kullanılarak tek düzeliliğin önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

ThermoWood uygulanmış ahşabın boyutsal stabilizasyonu ve biyolojik zararlılara karşı dayanımının yanında aynı zamanda renk kararlılığı olan ve estetik açıdan iç ve dış dekorasyonda ahşabın doğal dokusunu doğrudan yansıtmaları bakımından tercih edilebilir. Yat ve tekne dekorasyonunda kamaraların zemini, duvar ve tavan kaplamaları gibi alanların yanı sıra kamaralar içindeki yat mobilyalarında da rahatlıkla kullanılabilir. L* değeri yüksek olan dışbudak türüne ait mobilya elemanları göz yüksekliği hizasındaki alanlarda, L* değeri düşük ve aynı zamanda daha koyu tonda olan ıroko odununun daha çok deck ve merdiven basamakları gibi yatay konumdaki zemin kaplamalarında kullanılabileceği düşünülmektedir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde renk parlaklık (L*) değeri en yüksek SÇ (43,41) ve ST (43,15) verniklerde, en düşük değer ise PU (33,91) vernikte elde edilmiştir. Renk parlaklık değerinin yüksek olması istenen durumlarda su bazlı tek ve çift bileşenli (ST ve SÇ) vernikler tercih edilebilir.

Yat ve tekne imalat endüstrisinde hatta mobilya imalat sanayide çok fazla bilinmeyen ve buna bağlı olarak yaygın olarak kullanılmayan ahşap malzeme için hazırlanan su bazlı verniklerin (ST ve SÇ) solvent bazlı verniklerden (AK ve PU) daha yüksek renk parlaklığı L* değerine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla ST ve SÇ gibi su bazlı verniklerden oluşturulan koruyucu katmanların görsel açıdan gayet stabil ve ilk uygulandığı zamanki özelliklerini korudukları söylenebilir. ST vernik uygulanan dışbudak örneklerinin yaşlandırma süresi arttıkça L* değerinin arttığı, PU vernik uygulanmış ıroko ve dışbudak örneklerinde ise yaşlandırma süresinin artmasıyla L* değerinin azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 3.40).

UVB-313 EL tipi lamba ile yapılan hızlandırılmış yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde en yüksek değer yaşlandırılmamış kontrol örneğinde (40,77) ve 576 saat yaşlandırılan örneklerde (40,88) elde edilmiştir. 144 saat (39,68), 288 saat (39,41), 432 saat (39,69) yaşlandırma sürecinin L* değeri üzerindeki etkilerinin benzer olduğu anlaşılmıştır. Deniz ortamında kullanılan ahşap ve mobilya elemanlarının zamanla UV, rüzgar, nem, sıcak-soğuk etkisi, buharlaşma gibi yaşlanma (eskime) etkisine bağlı olarak

renk parlaklık değerini azaltacağı, dolayısıyla ahşap renginin koyulaşarak uzun süre UV ışınlarına ve diğer harici etkilere maruz kalmasıyla L* değerinin tekrar artabildiği tespit edilmiştir.

Harici etkilere maruz bırakılan AK vernik katmanında 288 saatlik yaşlandırmadan itibaren vernik katmanının beyaz opak renge dönüşerek ağaç malzemenin doğal dokusunu örttüğü gözlemlenmiştir (EK-1). Bu sebeple harici etkilerle yaşlanma etkisi fazla olan alanlarda AK vernik yerine diğer türler tercih edilebilir.

4.1.4. Toplam Renk Değişim Değerlerine (ΔE^*) Ait Sonuçlar

Araştırma sonuçlarına göre, ağaç türü düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değeri dişbudakta (52,87) ve iroko örneklerinde (48,39) elde edilmiştir. Yat ve tekne imalat sektöründe, havuz kenarları, bina diş cephe kaplamaları, banklar, bahçe mobilyaları gibi harici alanlarda sık kullanılan ağaç türlerinden daha açık renkli olan dişbudak üzerinde ThermoWood işleminin renk değiştirici etkisi daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi dişbudak odununun doğal renginin daha açık ve beyaz sarımsı bir tona sahip olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir.

Isıl işlem faktörü düzeyinde toplam renk değişimi değeri en fazla ısıl işlemsiz kontrol örneklerinde (66,49) meydana gelmiştir. Kontrol örneğine göre 190°C’de 1,5 saat işlem görmüş örneklerde (49,89) %24,97 oranında daha az, 212°C’de 2 saat işlem görmüş örneklerde (35,51) ise %46,59 oranında daha az renk değişimi meydana gelmiştir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değeri en yüksek S (54,14) ve ST (53,76) vernikte, en düşük değer ise PU vernikte (43,95) elde edilmiştir. Yat ve tekne gibi kendine özgü karakteristik özellikleri olan mobilya ve yapı elemanlarının yüzey işlemlerinde ΔE^* değeri daha düşük olan PU verniklerin daha uygun sonuçlar verdiği söylenebilir. Su bazlı ST ve S vernik materyallerinin irokonun bünyesindeki tanen ve diğer ekstaktif maddelerle oksidasyonu sonucu daha fazla renk değişimi meydana getirdiği düşünölmektedir. Marina koşullarında doğrudan suyla temas etmeyen alanlarda renk sabitesinin arandığı durumlarda PU verniğin diğer verniklere göre daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.

Su bazlı vernikler arasında %95 güven düzeyinde bir fark olmadığı belirlendiğinden ST ve S vernik türleri arasında tercih yapılacak olduğunda vernik katmanlarının sertlik, pürüzlölük, parlaklık, adezyon, çizilme gibi diğer katman özellikleri dikkate alınmasının uygun olacağı düşünölmektedir. UVB-313 EL tipi lambalar ile yapılan 0-576 saatlik

yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde ΔE^* değeri, en yüksek 576 saatlik yaşlandırma sonunda (51,06), en düşük ise 288 saatlik yaşlandırılan örneklerde (50,23) elde edilmiştir.

Bu çalışmada, yaşlandırma etkisi UVA 340 lambalara göre daha yüksek olan UVB 313 tipi lambaların kullanılması sonucunda, kontrol (0 saat), 144 ve 432 saatlik yaşlandırma sonundaki ΔE^* değerleri arasında istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde fark olmaması dikkat çekicidir. Dolayısıyla 0-144 saat arasında herhangi bir değişim meydana gelmemiş; 288 saate (-%0,83) azalmış ve sonrasında 432 saat sonrasında tekrar artma eğilimine girerek 576 saat sonunda (51,06) ΔE^* değeri artmıştır.

Yaşlandırma periyodları sonunda çıplak gözle yapılan incelemede, deformasyon AK (çift bileşenli akrilik) vernik ile kaplanan örneklerin 288 saatlik yaşlandırmasında başlayarak, 432 ve 576 saatlik yaşlandırma sonuna kadar artarak devam etmiştir. Yaşlandırma periyodu sonunda; dişbudak ve iroko türlerine ait tüm ısıtma işlem varyasyonlarına ait örneklerin yüzeyindeki AK vernik katmanı, opak beyaz renge dönüşerek ağaç malzemelerin dokusunu örten, estetik açıdan istenmeyen bir durum oluşmuştur (EK-1).

Vernikli yüzeylerin UVB- 313 EL tipi lamba ile yaşlandırma sürecindeki sonuçlar incelendiğinde; ST ve SÇ vernik uygulanmış katmanlarda 0-576 saat UV-B yaşlandırmada katmada çıplak gözle fark edilen bozunmalar meydana gelmemiştir. PU vernik katmanında; 144-576 saatlik yaşlandırma periyodunda sarımsı renk tonu artarak rengin koyulaşan bir sarı tona dönüştüğü söylenebilir. AK vernik uygulanan yüzeylerde ise 288-576 saatlik yaşlandırma sürecinin sonunda vernik katmanının rengi arzu edilmeyen şekilde beyazlaştığı yani deforme olduğu gözlenmiştir (EK-1).

4.2. PARLAKLIK DEĞERLERİNE AİT SONUÇLAR

4.2.1. Liflere Paralel Yönde Parlaklık (60°) Ölçümüne Ait Sonuçlar

Araştırma sonuçlarına göre, ağaç türü faktörü düzeyinde liflere paralel parlaklık değeri ırokoda (87,96) ve dişbudakta (86,53) elde edilmiştir. Dişbudak odununun kaba tekstürlü ve iroko odununun orta-kaba tekstürlü olması parlaklık değerlerinin daha yüksek çıkması tekstür yapısının etkilediği düşünülmektedir. Parlaklık iç mekan mobilyalarında ve dekorasyonda albeniyi artıracak gibi ışık yansıtma kabiliyetinden dolayı kullanıcılar tarafından tercih edilen bir husustur. Parlaklığın deniz şartlarında zamanla azalabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Isıl işlem faktörü düzeyinde liflere paralel parlaklık en yüksek kontrol örneklerinde (88,17) ve en düşük değer 212°C'de 2 saat ısıtım gören örneklerde (86,41) elde edilmiştir. Isıl işlem görmemiş olan kontrol örneklerinin daha açık renkte olması, ışığı yansıtma oranlarının daha yüksek parlaklık değerlerinin oluşmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Yat ve tekne endüstrisinde kullanım imkânı olan ısıtım işlemli ağaç malzemelerin parlaklık değerleri ısıtım işlemsiz örneklere ait değerlere yakın bulunmuştur. İstatistiki olarak %95 güven düzeyinde ısıtım işlem varyasyonları arasında fark olmadığı tespit edilmiştir. 60° de liflere paralel yönde ölçülen parlaklık değerleri ortalama 86-88 GU aralığında bulunması parlaklık seviyelerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Yat ve tekne içi dekorasyonunda kullanılacak doğal ve yapay aydınlatma aksesuarlarının etkisi ile kullanılan ağaç malzemenin parlaklık özelliği, mobilyanın değerine katkıda bulunacağı ve müşteriler için daha cazip hale gelebileceği düşünülebilir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde en yüksek parlaklık değeri AK vernikte (95,99), en düşük değer ise SÇ vernikte (74,84) elde edilmiştir (Çizelge 3.63). Mobilya imalat sanayide ve yat tekne mobilyaları imalatında şeffaf ve saydam, zaman içinde yaşlanma etkisiyle sararma yapmadığı bildirilen [56] vernik olan AK vernik dört vernik içinde yüksek parlaklık açısından tercih edilebilir. Fakat UVB lamba ile yaşlanma (eskime) etkisiyle en olumsuz katman özellikleri gösteren verniğin AK vernik türü olduğu (EK-1) unutulmamalıdır.

Yat mobilyaları imalatı özelinde düşünüldüğünde normal konut içinde kullanılan mobilyalara göre daha fazla yaşlanma etkisiyle karşılaşacağı düşünüldüğünde parlaklık özellikleri ile birlikte diğer katman özelliklerinde göz önünde bulundurulmalıdır.

Su bazlı ST ve SÇ vernikleri ile oluşturulan katmanların solvent esaslı verniklere nazaran daha ince ve ağaç malzemenin yüzeydeki trahe boşluklarını (gözeneklerini) daha az doldurulabileceğinden dolayı katmanın ışığı yansıtma kabiliyetini azalttığı düşünülmektedir. Fakat özellikle son yıllarda bina dış cephe kaplamalarında, bahçe mobilyaların ve kent mobilyaları gibi harici etkilere maruz kalan alanlarda ST ve SÇ verniklerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. ST ve SÇ vernik uygulamalarında uygulanan kat sayısını ve miktarının artırılmasıyla yüzey dolgunluğu sağlanabilir ve parlaklık değerleri iyileştirileceği düşünülmektedir. Her iki ağaç türünde de yaşlandırma etkisiyle parlaklık kaybı en az PU vernikli yüzeylerde(%5-7) iken en fazla parlaklık kaybı AK vernikli yüzeylerde (%60-65) elde edilmiştir.

Yaşlandırma faktörü düzeyinde en yüksek parlaklık değeri yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde (116,82 GU), en düşük değer 576 saat yaşlandırılan örneklerde (68,99 GU) elde edilmiştir. Liflere paralel parlaklık değerlerinin yaşlandırma periyodları sürecinde azalma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla çok yüksek fiyatlara alınan lüks bir yatın içinde en parlak vernik ürünleri tercih edilse dahi zaman içinde yaşlanmaya bağlı olarak parlaklık değerlerinin azalacağı müşterilere başlangıçta bildirilmesi ve hayal kırıklıklarının önüne geçilmesi müşteri memnuniyeti açısından önem arz etmektedir. Vernik materyallerinin satışını yapan pazarlamacı veya işyeri sahiplerinin; bu ürünleri alan, kullanan veya uygulayan müşterilerini bilgilendirerek harici etkiler altında kullanılan vernik katmanlarının zamana ve şartlara bağlı olarak parlaklık değerlerinin azalacağı bilinmelidir.

4.2.2. Liflere Dik Yönde Parlaklık Ölçümlerine Ait Sonuçlar

Araştırma sonuçlarına göre, ağaç türü faktörü düzeyinde liflere dik yönde, dışbudakta (69,85), ve irokoda (66,59) elde edilmiştir. Dışbudak odununun irokodan daha yüksek liflere dik yönde parlaklık değerlerine sahip olmasının ölçüm yönünün ışığı yansıtma özelliğini etkilediği düşünülmektedir. Çünkü liflere paralel yöndeki ölçümlerde iroko örneklerinin daha yüksek bulunmuştur..

Isıl işlem faktörü düzeyinde liflere dik yönde parlaklık en yüksek kontrol örneklerinde (68,99) ve en düşük değer 190°C’de 1,5 saat ısıtılma gören örneklerde (67,55) elde edilmiştir. Parlaklık değerleri incelendiğinde kontrol örneklerine göre 190°C’de ısıtılma gören örnekler %3,48 oranında daha düşük çıkmıştır. Isıl işlem görmemiş olan kontrol örneklerinin daha açık renkte olması ışığı yansıtma oranlarının daha yüksek olabildiği düşünülmektedir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde en yüksek parlaklık değeri PU vernikte (85,32), en düşük değer ise ST vernikte (49,33) elde edilmiştir. Vernik türü bakımından liflere dik parlaklık değerleri karşılaştırıldığında ağaç malzeme yüzeyi üzerinde kalın katmanlar oluşturarak yüzeydeki trahe boşluklarını daha iyi dolduran solvent bazlı PU (85,32) ve AK (82,52) verniklerde daha yüksek parlaklık değerleri elde edilmiştir. Su bazlı ST (49,33) ve SÇ (55,66) verniklerinin oluşturduğu katmanların solvent esaslı verniklere nazaran daha ince ve ağaç malzemenin yüzeydeki trahe boşluklarını (gözeneklerini) daha az doldurabildiğinden dolayı ışığı yansıtma kabiliyetlerini azalttığı düşünülmektedir.

Yaşlandırma faktörü düzeyinde, liflere dik yöndeki parlaklık (60°C) değerleri en yüksek değer kontrol örneklerinde (96,67) ve en düşük değer 576 saat yaşlandırılan örneklerde (50,46) elde edilmiştir. Ayrıca parlaklık değerindeki azalma, 0-144 saat yaşlandırma da %23,91 oranında, 0-288 saat arasında %36,55 oranında, 0-432 saat yaşlandırmada %38,92 oranında, 0-576 saatlik yaşlandırmada ise %47,80 oranında parlaklık azalması meydana gelmiştir.

Deniz ve marine gibi harici koşulların taklit edilmesine dayanan UVB-313 El tipi lamba ışınlarının tahrip edici etkisi altında ve aynı zamanda 55°C sıcaklıkta 15 dakika yağmurlama su etkisi altında bırakılarak tahribatı sağlanan vernikle kaplanmış ısıtılmış malzemelerin parlaklık değerleri 0-576 saatlik periyotta azalma eğiliminde olmuştur.

4.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜMLERİNE AİT SONUÇLAR

Ağaç türü faktörü düzeyinde ortalama yüzey pürüzlülük (R_a^*) değeri, irokoda (1,13 μm) ve dişbudakta (1,03 μm) elde edilmiştir. Yat ve tekne imalatında kullanılan mobilyaların vernikli yüzeylerinde pürüzlülük (toz tutma, düşük parlaklık, kolay kirlenme vb. nedenlerle) genellikle istenen bir özellik değildir. Dolayısıyla pürüzlülük değeri en düşük olan materyallerin kullanılması parlaklık ve yüzey kalitesi açısından daha iyi sonuçlara ulaşılabilir. Yat ve tekne mobilyalarında kullanılacak olan ağaç malzeme için yerli bir tür olan dişbudak örneklerine ait yüzey pürüzlülük değerleri egzotik tür olan iroko ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuç verdiğinden dolayı öncelikli olarak önerilebilir.

Isıl işlem faktörü düzeyinde ortalama yüzey pürüzlülük değeri (R_a^*) en yüksek kontrol örneklerinde (1,14 μm) ve 212°C'de 2 saat ısıtılmış işlem gören örneklerde (1,14 μm), en düşük 190°C'de 1,5 saat işlem gören örneklerde (0,99 μm) elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün vernik katman performansını etkilediği düşünüldüğünde pürüzlülük değeri düşük olan 190°C'de 1,5 saat işlem gören ThermoWood'lu ahşap kullanımı tercih edilebilir.

Yat ve tekne dış kısmındaki zeminlerinde, merdiven basamaklarında, güverte ve borda kısmında armuz olarak kullanılacak malzemelerin nispeten pürüzlü olması ıslandığında kaymayı engelleyici etki yapabileceğinden dolayı 212°C'de 2 saat ısıtılmış işlem gören ürünler kullanılabilir. Bu çalışma sonuçlarına göre, pürüzlülük değerleri bakımından en ideal ısıtılmış işlem parametresinin 190°C'de 1,5 saat ThermoWood işlemi gören ağaç malzemeler olduğu söylenebilir.

Vernik çeşidi faktörü bakımından ortalama yüzey pürüzlülük değeri en yüksek, yüzeylerine ST vernik uygulanan örneklerde (1,79 μm), en düşük değer ise PU vernik uygulanmış örneklerde (0,28 μm) elde edilmiştir. Yat ve tekne imalatında kullanılan mobilya ve yapı elemanları yüzeylerinde düşük pürüzlülük değerleri elde etmek için PU vernik uygulanmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Ahşap kaplamalarda ve masif yüzeylerinde estetik açıdan trahe boşluklarının dekoratif bir görüntü unsuru olarak kullanılması istenen durumlarda ST ve SÇ vernik kullanılabilir.

Su bazlı ST ve SÇ vernik katmanlarına ait pürüzlülük değerlerinin solvent esaslı verniklere göre yüksek çıkmasının sebebi olarak ST ve SÇ vernik moleküllerinin daha küçük boyutlarda olması ve ağaç malzeme yüzeyindeki boşluklara daha iyi nüfuz etmesiyle katman yüzeyinde boşluklar meydana gelmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca ST ve SÇ vernik astar katının katı madde miktarının düşük olması ile katmanın hayli ince olmasına, dolayısıyla ağaç malzeme yüzeyindeki trahe boşluklarını doldurma görevini tam olarak yerine getirmediğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. ST ve SÇ vernik kullanılarak pürüzlülük değerinin az olması istendiği durumlarda uygulama kat sayısının artırılmasıyla etkili sonuçlar alınabilir.

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde ortalama pürüzlülük (R_a^*) değeri en yüksek hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz kalmayan kontrol örneklerinde (1,45 μm), en düşük değer ise 144 ve 288 saat yaşlandırılan örneklerde elde edilmiştir. Bu sonuçlar dikkatle incelendiğinde yaşlandırmanın ilk 0-288 saatlik evresinde düşüş eğiliminde olan ortalama pürüzlülük değeri, 288-576 saatlik yaşlandırma evresinde azda olsa artma eğiliminde olmuştur. Sonuç olarak harici etkiler altında kalan ağaç malzemelerin pürüzlülük değerleri kontrol değerlerine göre azalmıştır. Bunun sebebinin UV ışınlarının etkisiyle kürlenmeye bağlı olarak moleküller arası çapraz bağların yapısında meydana gelen değişikliklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yat ve tekne gibi harici etkilere bol miktarda maruz kalacak alanlarda kullanılan ahşap malzemelerin yaşlanma etkisiyle yüzey pürüzlülük değerlerinin önce bir miktar azalacağı sonrasında zamana bağlı olarak artış yönünde değişebileceği söylenebilir.

4.4. SALINMSAL SERTLİK ÖLÇÜMLERİNE AİT SONUÇLAR

Araştırma sonuçlarına göre, ağaç türü faktörü düzeyinde salınımsal sertlik değeri, dışbudakta (96,93), ırokoda (91,50) elde edilmiştir (Çizelge 3.133). Türkiye yat ve tekne imalat sanayide özellikle de sürekli su içinde kalmayan tekne içi kamaralar, salon, kaptan

köşkü, mutfak, banyo, zemin, iç duvar ve tavan kaplamalarında fiyat ve tedarik açısından daha avantajlı ve yüzey sertlik değeri daha yüksek olan yerli dişbudak türü nispeten daha pahalı ve ithal bir tür olan iroko yerine tercih edilebilir.

Türkiye’de doğal yetişen dişbudak türünün, egzotik bir tür olan irokodan daha yüksek yüzey sertlik değerine sahip olması, ağaç malzemenin daha yüksek yoğunluk değerine sahip olması ile açıklanabilir. Ayrıca diğer anatomik özellikleri bu durumu etkilemiş olabilir. Sakarya orman işletmesi sınırlarından temin edilen ağaç malzemenin hızlı gelişen ve ülke sınırları içinde 4690 hektar koru halinde, 743 hektar baltalık olmak üzere yayılış göstermektedir [121]. Düşük maliyet ve kolay tedarik edilmesi ile ekonomi ve dış ticaret açığının azaltılması açısından da önem arz etmektedir.

Yerli dişbudak gibi salınımsal yüzey sertlik değeri yüksek malzemelerin yat ve tekne mobilyası veya imalatında kullanılması vurma, darbe, çizilme gibi mekanik etkilere karşı daha sağlam ve mukavemetli olacağı düşünülmektedir. Öte yanda sertlik değerinin yüksek olması sıcaklık, nem ve UV etkisinin yoğun olduğu deniz koşullarında, gevrekleşerek daha kırılgan bir hal aldığında, yüzeyde çatlama, kırılma veya pul pul dökülmeler ile sonuçlanabileceği unutulmamalıdır.

Isıl işlem faktörü düzeyinde, salınımsal sertlik değerleri en yüksek ThermoWood yöntemine göre ısıtılmış ahşapın, güverte zemin kaplamasında, merdiven basamakları gibi sirkülasyona bağlı olarak aşınma ve yaşlanma etkisinin fazla olduğu yerlerde tercih edilebilir. 190°C’de 1,5 saat ve 212°C’de 2 saat ısıtılmış ahşapın sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde bir fark bulunmamıştır. Dolayısıyla her iki tür arasında yat ve tekne kullanıcıları renk ve estetik unsurlarını dikkate alarak tercih yapabilirler.

Yüzey sertliğinin arandığı durumlarda ısıtılmamış ahşap yerine ThermoWood yöntemine göre ısıtılmış ahşabın, güverte zemin kaplamasında, merdiven basamakları gibi sirkülasyona bağlı olarak aşınma ve yaşlanma etkisinin fazla olduğu yerlerde tercih edilebilir. 190°C’de 1,5 saat ve 212°C’de 2 saat ısıtılmış ahşapın sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde bir fark bulunmamıştır. Dolayısıyla her iki tür arasında yat ve tekne kullanıcıları renk ve estetik unsurlarını dikkate alarak tercih yapabilirler.

Vernik faktörü düzeyinde yüzeye ait salınımsal sertlik değeri en yüksek değer, çift bileşenli PU vernikte (140,0), en düşük değer ise tek bileşenli ST vernikte (53,80) elde edilmiştir. Yat ve tekne imalatında ve mobilya endüstrisinde, bahçe mobilyaları, kent

mobilyaları gibi farklı alanlarda yani yüzey sertliğinin arandığı durumlarda PU verniğin çalışmada kullanılan ST, SÇ, AK vernik türlerine kıyasla en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Verniklere ait en yüksek salınımsal sertlik değerleri sırasıyla, PU, AK, SÇ ve ST verniği şeklindedir.

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde salınımsal sertlik değerleri, en yüksek yaşlandırılmayan kontrol örneğinde (102,70), en düşük değer 576 saat yaşlandırılan örneklerde (87,50) elde edilmiştir. UVB-313 EL tipi lamba ile yapılan yaşlandırma sürecinde 0-144 saat yaşlandırma da %5,06 oranında; 0-288 saat arasında %9,54 oranında; 0-432 saat arasında %11,97 oranında; 0-576 saatlik yaşlandırma sürecinde ise -%14,80 oranında salınımsal sertlik değerinde bir azalma meydana gelmiştir. 0-576 saatlik yaşlandırma sonunda sertlik değerlerinde vernik türlerine göre, ST: -%30, SÇ: -%26, AK: %3,3 ve PU: -%17,2 oranlarında değişiklik tespit edilmiştir. Dolayısıyla hızlandırılmış yaşlandırma kabinindeki UVB lambalarının etkisi ve nem, sıcaklık gibi deniz ve marine koşullarına benzer harici etkilerin deney örnekleri yüzey katmanının sertlik özellikleri üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmiştir.

Yaşlandırma etkisi ile sertlik değerlerindeki değişimde literatürdeki bazı çalışmalar ile farklı sonuçların elde edilmesinde farklı yaşlandırma koşulları ve farklı lamba türünün kullanılmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca UV-B 313 EL tipi lambanın UVA-340 tipi lambaya göre tahrip edici gücü daha yüksek olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla UVB-313 EL tipi lamba kullanıldığında vernik katmanları molekül düzeyinde daha fazla tahribata uğratarak salınımsal sertlik değerlerini azaltıcı etki yaptığı söylenebilir. Sonuç olarak yaşlandırma etkisi ile sertlik değerinin azalması, mekanik etkilere karşı dayanımını olumsuz etkilemesine karşın katmana ait esneklik özelliğini azaltmıyor olması koruyucu katmanın uzun vadede ağaç malzemenin çalışmasına uyumlu davranmasına katkı sağlayabilir.

Birçok insanın yüksek fiyatlar ödeyerek sahip olduğu veya inşa ettirdiği yatların ve yatlara özgü lüks mobilyaların zaman içinde yaşlanma etkisiyle başlangıçtaki özelliklerini yitirebilecektir. Bu durumun önlemenin yolu ahşap malzemenin yaşlanma etkisine karşı sağlık ve çevre unsurları da göz önünde tutularak ısıtma işlemi olan ThermoWood gibi %100 doğal bir yöntem ile korunması sağlanabilir.

Yat üreticileri, müşterileri, mobilya imalatçıların yüzey sertliğinin arandığı vernikli malzemelerin tercihinde, 190-212°C'de 1,5-2 saat arasında ThermoWood işlemi gören dışbudak ağaç türü üzerinde PU vernik tercih edilmesi tavsiye edilir.

Isıl işlemin ahşap malzemeye kazandırdığı, boyutsal stabilite, çatlamaya ve çürümeye karşı direnç, küf ve mantara karşı dayanım, %100 doğal olması, renk homojenliği, renk kararlılığı, farklı renk ile ürün çeşitliliği oluşturma, düşük rutubet miktarı (%4-7) gibi avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca hiçbir kimyasal ve zehirli madde içermemektedir.

Bu çalışmada konu edilen 18-22 mm kalınlığındaki ThermoWood yöntemine göre ısıt işlem uygulanan ahşap malzemenin fiyatı, ısıt işlem uygulanmayan malzemeye göre yaklaşık %30-45 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir.

4.5. YÜZEYE YAPIŞMA DİRENCİ ÖLÇÜMLERİNE AİT SONUÇLAR

Ağaç türü faktörü düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek dişbudakta (3,698 MPa), en düşük değeri ıroka (3,247 MPa) elde edilmiştir. Dolayısıyla yat ve tekne imalatı ile mobilya endüstrisi için önemli olan bu iki ağaç türü kıyaslandığında vernik katmanının dayanımı ve performansı için önemli bir unsur olan yapışma direnci değeri bakımından yerli ve daha düşük maliyetlerle elde edilebilen dişbudak türü tercih edilebilir.

Isıl işlem faktörü düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem gören örneklerde (3,673 MPa), en düşük değeri 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören örneklerde (3,328 MPa) elde edilmiştir. Sonuç olarak kontrol örnekleri ile diğer ısıt işlem gören örneklerin adezyon değerleri karşılaştırıldığında 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem gören örneklerde %7,49 oranında artmış, 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören örneklerde ise yüzeye yapışma direnci değerinin %2,60 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Araştırma sonuçları incelendiğinde kontrol örneğine göre 190°C’de 1,5 saat ısıt işlemli örneklerde yapışma direnci değeri %7,49 oranında artmış ve 212°C’de 2 saat ısıt işlem görenlerde ise %2,60 azalmıştır. Kontrol ve 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören deney örneklerine ait ortalamaların istatistiki olarak %95 güven düzeyinde benzer olduğu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla yüksek adezyon direnci aranan durumlarda 190°C’de 1,5 saat ısıt işlem gören ahşap malzemenin kullanımının daha uygun olduğu söylenebilir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde en yüksek değeri sırasıyla, çift komponentli su bazlı SÇ vernikte (3,707 MPa), PU vernikte (3,581 MPa), ST vernikte (3,518 MPa) ve en düşük değeri ise solvent bazlı çift komponentli AK vernikte (3,087 MPa) elde edilmiştir.

Su bazlı SÇ vernik ile oluşturulan katmanların yüzeye yapışma direnç değerlerinin diğer verniklerden daha yüksek çıkması SÇ verniğinin yüzeye yapışma direnç özelliklerinin

daha üstün olduğunu göstermektedir. Çalışmadaki vernik katmanlarının ağaç malzeme yüzeyine yapışma dirençlerinin belirlenmesine yönelik yapılan testlerde çoğunlukla kopmalar ağaç malzemenin liflerinin ayrılmasıyla sonuçlanmıştır. Ağaç malzeme vernik arakesitinde ayrılmalar nadiren kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Kullanılan çift bileşenli epoksi tutkal çok kuvvetli bir yapışma sağladığından, odun vernik arakesitinde meydana gelen kopmalar olmasına rağmen, tutkalın sürüldüğü dolly yüzeyleri ile vernik ara kesitinde kopmalar gözlemlenmemiştir. Vernik katmanı ile odun arasında oluşan adezyon direncinin, odun hücreleri arasındaki kohezyon direncinden yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Dolayısıyla yat ve tekne imalatı sanayinde özellikle çevreye ve sağlığa daha duyarlı ürünlerin kullanılması anlamında yat içinde ve dışında sürekli su içerisinde kalmayan alanlarda su bazlı vernikler üstün yapışma direnci özelliklerinden dolayı tercih edilebilir.

Yaşlandırma periyodu faktörü düzeyinde yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek 144 saat yaşlandırılan örneklerde (3,760 MPa), en düşük değer ise 576 saat yaşlandırılan örneklerde (3,266 MPa) elde edilmiştir. Kontrol, 432 ve 576 saat yaşlandırılan örnekler arasında istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde benzer oldukları tespit edilmiştir. Aynı şekilde 144 ve 288 saatlik yaşlandırılan deney örneklerine ait yüzeye yapışma dirençleri arasında da %95 güven düzeyinde fark olmadığı belirlenmiştir. İlk 144 saatlik yaşlandırma ile %12,51 oranında artarak tepe değere ulaşmıştır. UVB-313 EL tipi lamba ile 576 saatlik yaşlandırma sonunda yüzeye yapışma direnci değeri -%2,27 oranında azalmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre yat ve tekne imalat sektöründeki vernik katmanları için son derece önemli olduğu bilinen yüzeye yapışma direnci değerinin yüksek olması istenen durumlarda; dışbudak odunun 212°C’de 2 saat ısıtılma işlemi gördükten sonra yüzeylerine solvent bazlı iki komponentli (PU) vernik uygulamasının en iyi sonucu vereceği tespit edilmiştir.

4.6. ÖNERİLER

- Yat ve tekne imalatı ile mobilya endüstrisi için vazgeçilmez materyallerin başında gelen ağaç malzemenin yüzeyinde kullanılan, vernik ve boya katmanlarına yönelik yaşlanma (eskime) etkisini belirlemek için çeşitli hızlandırılmış yaşlandırma testleri (UVA, UVB, UVC, Xenon-ark vb.) ile koruyucu katman performansı testlerinin

zaman, maliyet, kalite ve müşteri memnuniyeti sağlanması açısından uygulanması önerilir.

- Yurt dışından yüksek fiyatlarla satın alınan dişbudak türlerine kıyasla fiyatı ve tedarik süresi daha makul seviyede olan, Türkiye’de doğal yetişen ve hızlı büyüyen bir tür olan dar yapraklı dişbudak türünün Thermowood yöntemi ile ısıl modifikasyonu yapılarak, yat ve tekne imalat sektörü ile mobilya sanayide kullanımı önerilebilir.
- İthal ıroko ile yerli dişbudak türlerinde incelenen yüzey özellikleri bakımından farklı sonuçlar elde edilmiştir. Dişbudak gibi yerli türe ait yüzey işlemleri özelliklerinin güçlü ve zayıf yanlarının dikkate alınarak yerli malı ürünlerin kullanımının teşvik edildiği bu günlerde tercih edilmesi ülke ekonomisine etkisi bağlamında da değerlendirilmelidir.
- Toplam renk değişimi (ΔE^*) değerinin düşük olması istenen durumlarda, yani renk değerlerinin daha stabil olmasının istenmesi durumunda açık yerli dişbudak yerine ırokonun kullanımı önerilir. Isıl işlem varyasyonu olarak 212°C’de 2 saat ısıl işlem gören örnekleri ve PU vernik uygulanması önerilmektedir.
- ThermoWood yöntemi ile farklı süre ve sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulan dişbudak ve ıroko gibi türlerin renk homojenliğinin yanı sıra farklı renkte ürünler ortaya çıkarılmasıyla yat ve tekne imalat sanayide özgün tasarımlar ve kişisel tercihler için estetik özelliklerinden dolayı inovatif ürünler olarak kullanımı sağlanabilir.
- Yat ve tekne imalatında kullanılan ahşap malzemeler harici ve ekstrem koşullara maruz kalacağından ısıl işlemsiz ahşap yerine boyutsal stabilizasyonu sağlanmış aynı zamanda renk kararlılığı olan ve rengi doğal yoldan (yüksek sıcaklık uygulaması ile) değiştirilmiş ürünlerin kullanılması önerilebilir.
- Yat ve tekne imalatı sektörüne yönelik imalat yapan üreticilerin ve pazarlamacıların hatta vernik üreticilerinin ürünlerin kullanım süresi uzadıkça gelecekte ne gibi değişiklikler oluşabileceği konusunda araştırma yaptırılması gerekmektedir. Bu sayede ürünlerini daha iyi tanımaları, buna bağlı olarak müşterilerine daha iyi bilgilendirme ve tanıtım sağlayarak hizmet kalitelerinin artışı sağlanabilir.
- Renk parlaklık (L^*) değerinin yüksek olmasının istendiği durumlarda, ıroko yerine yerli dişbudak, ısıl işlem varyasyonu bakımından ısıl işlemsiz kontrol örneklerinin, verniklerden ise ST ve SÇ verniklerin kullanımı önerilebilir.

- Liflere paralel (//) yönde ölçülen yüzey parlaklık değerinin yüksek olması istenen durumlarda, dışbudaktan ziyade iroko ağaç türü, ısıt işlem varyasyonu bakımından kontrol örnekleri daha yüksek parlaklık değeri verdiğiinden öncelikli olarak önerilir. Isıt işlemli malzeme kullanılacak ise 190°C’de 1,5 saat ve 212°C’de 2 saat işlem gören örnekler arasında parlaklık değerleri açısından benzer olması nedeniyle her ikisi de önerilebilir. Vernik çeşidi olarak AK vernik uygulaması önerilebilir. Servis ömrü bakımından parlaklık değerlerinin gün geçtikçe azalma eğiliminde olacağı bunun da yaşlanma etkisiyle oluşabileceği unutulmamalıdır. Ayrıca seçilen vernik türünün parlak, ipek mat ve mat olan türlerin seçimi öncelikli olarak tercih edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada tüm verniklerin parlak türleri kullanılmıştır.
- Liflere dik (⊥) yüzey parlaklık değerinin yüksek olması istenen durumlarda, dışbudak ağaç türü, ısıt işlem varyasyonu bakımından kontrol örnekleri daha yüksek parlaklık değeri verdiğiinden öncelikli olarak önerilir. Eğer ısıt işlemli malzeme kullanılacak ise 212°C’de 2 saat işlem gören ağaç malzemeler önerilir. Vernik çeşidi olarak sırasıyla çift bileşenli PU veya AK vernik uygulaması önerilebilir. Su bazlı vernikler kullanılacak olursa ağaç malzeme yüzeyindeki boşlukların yeterince doldurulacak miktarda uygulama yapılmasına çok dikkat edilmesi önerilir. Servis ömrü bakımından parlaklık değerlerinin gün geçtikçe azalma eğiliminde olacağı bunun da yaşlanma etkisiyle oluşabileceği unutulmamalıdır.
- Ortalama yüzey pürüzlülük (Ra*, Rq*, Rz*) değerinin düşük olmasının istendiği yerlerde dışbudak türü, ısıt işlem bakımından 190°C’de 1,5 saat işlem gören ve vernik çeşidi olarak ise PU vernik uygulanması önerilebilir.
- Vernikli yüzeyde salınımsal sertlik değerinin yüksek olması istenen durumlarda dışbudak malzemesi; ısıt işlem varyasyonu olarak 190°C’de 1,5 saat ve 212°C’de 2 saat ısıt işlem gören malzemeler; vernik çeşidi olarak PU vernik, hangi vernik türü tercih edilirse edilsin UVB 313 EL tipi lamba ile yapılan yaşlandırma işleminin süresi arttıkça yüzeye ait salınımsal sertlik değeri azalma eğiliminde olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.
- Yerli dışbudak gibi salınımsal yüzey sertlik değeri yüksek malzemelerin yat ve tekne mobilyasında özellikle kamara içi zemin kaplamaları, kapılarda, merdiven basamağı, küpeşte, iç duvar kaplamaları gibi vurma, darbe, çizilme gibi mekanik etkilere karşı daha sağlam ve mukavemetli olacağından dolayı önerilebilir.

- Yüzeye yapışma direnci değerin yüksek olması istenen yerlerde, dişbudak türünün kullanılması; ısıtım işlem varyasyonu olarak 190°C’de 1,5 saat ısıtım işlem gören malzemelerin; vernik türü olarak SÇ verniğinin kullanılması önerilebilir. Ayrıca yaşlandırma süreci olarak 144 saat UVB-313 tipi lamba ile yaşlandırılan örneklerde en yüksek yüzeye yapışma değeri elde edilirken hızlandırılmış yaşlandırma süresi arttıkça bu değerin azalma eğiliminde olduğu bilinmelidir.
- Yat ve tekne mobilyaları gibi harici etkilere daha açık olan donatıların imalatında UV koruyucu katkı ST ve SÇ gibi su bazlı vernik çeşitlerinin biyolojik dayanımı artırılmış, boyutsal stabilizesi sağlanmış olan ThermoWood yöntemine göre ısıtım işlem görmüş malzemeler üzerine uygulanabilir. Fiyat ve maliyet unsurlarından ziyade estetik ve konforun ön planda olduğu yat ve teknelerde inovatif ve aynı zamanda çevreci ürünlerin tercih edilmesiyle pazarda fark yaratılarak müşteri memnuniyeti sağlanabilir.
- Sadece Marmara Bölgesinde yat ve tekne mobilyası imalatı yapan 57 firmanın faaliyet gösterdiği [198] düşünüldüğünde ahşap malzeme ve vernik tedarikçilerinin sattıkları veya kullandıkları ürünler ile ilgili detaylı bilgilere sahip olması önem arz etmektedir. Bu çerçevede yaşlandırma etkisi ile ahşap ürünlerin kullanım süresi uzadıkça gelecekte yüzeylerinde ne gibi değişiklikler oluşabileceği konusunda bilgi sahibi olmaları gerekir. Dolayısıyla kullandıkları ürünlerini daha iyi tanıyan, tanıtan buna bağlı olarak müşterilerine ve iş ortaklarına ürünleri ile ilgili daha kapsamlı bilgilendirmeler yapabilirler.
- ThermoWood yöntemine göre ısıtım işlem sürecinde herhangi bir kimyasal kullanılmadan %100 doğal; çevre ve sağlık açısından uygun ürünler olan su bazlı verniklerin yat ve tekne mobilyası sektörü ile genel kullanıma yönelik olan mobilyaların imalatında bir arada kullanımları önerilmektedir.
- Bundan sonra yapılacak araştırmalarda yat ve tekne imalat sektöründe kullanılan farklı ağaç türleri, ahşap boyaları ve verniklerinin ahşap ve ahşap kompozitler üzerine uygulanarak farklı döngülerden oluşan yaşlandırma testlerinin yapılması önerilebilir.
- Çalışmada yüksek katma değere sahip olan yat ve tekne imalat sektörü özelinde ve mobilya imalat sanayi geneline yönelik olarak yapılan bu araştırma sonuçlarının daha detaylı bir biçimde ortaya koymak üzere; SEM/EDS (Scanning Electron Microscopy/ Energy Dispersive Spectroscopy), ESCA (Electron Spectroscopy for Chemical

Analysis), XPS (X-ray photoelectron spectroscopy), FTIR (Fourier Transform Infrared), ESR (Electron Spin Resonance), AWP (Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi) ve AFM (Atomic Force Microscopy) gibi cihazlar ile incelenme yapılabilir.

- Türkiye yat imalatı sanayide dünyada üretici ülkeler arasında üçüncü sırada yer almakta olup bu sektörün özellikle kaliteli ağaç malzeme tedarikine önem verilerek ısıtılmış ağaç malzemenin kullanımına yönelik küf, mantar, korozyona dayanım vb. gibi malzemelerin kullanım alanında karşılaşılabilecek sorunlara yönelik araştırma çalışmaları sürdürülmelidir.
- Thermowood işleminin ağaç malzeme fiyatlarını %30-45 artırmaktadır. Ancak ahşaba, boyutsal stabilite, dış ortama daha dayanıklılık, renk kararlılığı ve çeşitliliği, çevreci, bir ürün olarak karşımıza çıkmış olduğundan, yat ve tekne gibi lüks tüketim sınıfında yer alan sektörde bu maliyet artışı unsuru göz ardı edilebilir.
- Yat ve tekne imalat sektöründe çok az bilinen ve henüz kullanımı tartışılmayan su bazlı vernikler ile Thermowoodlu ahşap ürünlerin kullanım olanaklarının araştırılmasında üniversite-sanayi işbirliği kapsamında sektördeki AR-GE personelleri ile üniversitelerin Orman Endüstri Mühendisliği, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, Mobilya ve Dekorasyon Bölümleri vb. ile işbirliği yapılabilir.
- Ahşap vernik ve boya üreticileri yeni ürünlerine yönelik kapsamlı AR-GE ve ÜR-GE araştırmalarında üniversitelerin ilgili bölümlerinde lisansüstü eğitim gören öğrencilere imkanlar sağlayarak bilgi ve insan kaynağını etkili ve verimli kullanabilirler.

5. KAYNAKLAR

- [1] A. Sönmez, “Ağaçtan yapılmış mobilya üstyüzeylerinde kullanılan verniklerin önemli mekanik fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları”, Doktora tezi, Ağaç İşleri Endüstrisi Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 1989.
- [2] A. Kurtoğlu, *Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri, Genel Bilgiler*. İstanbul, Türkiye: İ.Ü Orman Fakültesi Orman Endüstri Müh. Böl. Yayınları, 2000, Cilt I, ss:231-245.
- [3] İ. Usta, “Gençlerin ahşap hakkındaki algıları”, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, c. 2, s. 2, ss. 568–609, 2017.
- [4] A. Sönmez, *Ağaç İşlerinde Üstyüzey İşlemleri I; Hazırlık ve Renklendirme*, II. Baskı, Ankara, Türkiye: Cem Web Ofset, 2005, bölüm.2, ss.2-13.
- [5] Ş. Kart, “200°C’ nin üzerinde ısı işlem uygulanan ve verniklenen odunun dış ortam koşullarında fiziksel performans özelliklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans tezi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Muğla Üniversitesi, Muğla, Türkiye, 2017.
- [6] Y. Örs ve H. Keskin, *Ağaç Malzeme Bilgisi*. I. Baskı, Ankara, Türkiye: Atlas Yayın Dağıtım, 2001, ss.1-163.
- [7] Ö. Özgenç, “Doğu karadeniz bölgesi yayla evlerinde kullanılan ahşap malzemenin dış hava koşullarına karşı dayanımının artırılması”, Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2014.
- [8] G. Köse Demirel ve A. Temiz, “Ahşap korumada çevre dost modifikasyon yöntemleri”, *Selçuk-Teknik Dergisi*, c. 1, özel sayı, ss. 251–255, 2015.
- [9] T. Ünal, “Nanopartiküller ile modifiye edilen verniklerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2016.
- [10] S. Sanjari Parivatlou, “Toz tutmayan antistatik kompozit vernik üretimi”, Yüksek Lisans tezi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2017.
- [11] E. Akgün, “Ahşap yüzeylerde kullanılan nanoteknolojik verniklerin dayanım özelliklerinin diğer vernik sistemleriyle karşılaştırılması”, Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 2008.
- [12] M. Budakçi, R. Esen, C. Özcan, M. Korkmaz, and H. Pelit, “The effect of boric acid modification on the combustion properties of water-based varnish”, *Mugla Journal of Science and Technology*, vol. 2, no 2, ss. 204–210, 2016.
- [13] N. Çakıcıer ve D. S. Korkut, “Ahşap yüzeylere uygulanan kaplama katmanlarında yaslandırma testleri”, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, c. 5, s. 1, ss. 75–90, Haz. 2009.

- [14] N. Çakıcıer, “Ağaç malzeme yüzey işlemi katmanlarında yaşlanma sonucu belirlenen değişiklikler”, Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.
- [15] G. Ulay, “Yat mobilyası üreten bir işletmede geleneksel üretim sistemi ile bilgisayar destekli üretim sisteminin karşılaştırılması”, Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2011.
- [16] H. T. Tokol, “Okyanusaşırı uzunyol yelkenli gezi yatlarında yaşam, mekan ve donanım ilişkisi”, Sanatta Yeterlilik tezi, İç Mimarlık Bölümü, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2013.
- [17] M. Gedik, “Ekonomik kriz, yat ve marina sektörü”, *Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi*, c. 185, ss. 39–45, 2010.
- [18] Anonim, (2015,15 Ocak) “Türkiye’de Yat ve Tekne Endüstrisi”. [Online], Erişim <http://www.fortuneturkey.com/turkiyede-yat-ve-tekne-endustrisi-20625>.
- [19] G. Ulay, N. Çakıcıer ve H. Koç, “Yat mobilyasının önemi ve konstrüksiyon ihtiyaçları”, *Selçuk-Teknik Dergi*, özel sayı, ss. 1055–1075, 2015.
- [20] M. Yavuzyılmaz, “Rakamlarla denizcilik sektörü ve istatistikleri (2. Bölüm)”, *İMEAK Deniz Ticareti Dergisi*, c. Mart, ss. 3–40, 2017.
- [21] C. Ünlüsü, “Yat ve tekne endüstrisi 2010 raporu”, *Boat Builder Turkey Dergisi*, c. 24, ss. 46–56, 2011.
- [22] C. Ünlüsü, “Türkiye’de Mega Yat Yapımı”, *Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 2004.
- [23] B. Kaygın ve A. Aytekin, “Ahşap tekne konstrüksiyonu”, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, c. 7, s.7, ss. 14–23, 2005.
- [24] Batı Anadolu Kalkınma Ajansı, “Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı Yatçılık Sektör Raporu”, Türkiye, Rap., BAKA, 2012.
- [25] S. Tunçel, “Tekne imalatında ahşap malzeme seçimi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi GİDB Dergi*, c. 6, ss. 13–22, 2016.
- [26] T. Yılmaz Aydın ve M. Aydın, “Türkiye’de inşa edilen yatların iç mekan tasarımı üzerine bir araştırma”, *Tasarım +Kuram Dergisi*, c. 21, ss. 61–77, 2016.
- [27] D. Hunt, “Properties of wood in the conservation of historical wooden artifacts”, *Journal of Cultural Heritage*, vol. 13, no 3, ss. 10-15, 2012.
- [28] B. Kaygın, “Ahşap tekne yapımında kullanılan ağaç türlerinin diri ve öz odunlarının yapışma dirençlerinin karşılaştırılması”, Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 2002.
- [29] G. Ulay, N. Çakıcıer ve H. Koç, “Yat mobilyası üretiminde CNC makine kullanımı ve karşılaşılan güçlükler”, *Selçuk-Teknik Dergi*, özel sayı, ss. 1033–1054, 2015.
- [30] C. Güler ve G. Ulay, “Köpüklü kompozit (sandviç) levhaların bazı teknolojik özellikleri”, *Turkish Journal of Forestry*, c. A, s.2, ss. 88–96, 2010.
- [31] C. Güler ve G. Ulay, “Petekli (honeycomb) kompozit levhalar”, *Mobilya ve Dekorasyon Dergisi*, c. 90, s.Mayıs-Haziran, ss. 78–92, 2009.
- [32] G. Ulay ve C. Güler, “Köpüklü (poliüretan) ve petekli (honeycomb) kompozit lamine malzemelerin bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi”, *Ulusal Meslek*

- [33] N. Erdin ve Y. Bozkurt., *Odun Anatomisi*. İstanbul, Türkiye: İ.Ü Orman Fakültesi Yayınları, 2013, böl. 3,11, ss:39-381.
- [34] Ö. Özgenç, “Dış ortam koşullarında bazı poliüretan esaslı üst yüzey sistemlerinin odun yüzeyini koruma performansı”, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 16, s. 1, ss. 65–71, 2015.
- [35] G. Ulay ve N. Çakıcıer, “Yat ve tekne imalatında kullanılan ağaç türlerine uygulanan hızlandırılmış yaşlandırma (QUV) işleminin koruyucu katman üzerine etkisi”, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, c. 6, s.3, ss. 212–218, 2017.
- [36] S. Altun ve M. Esmer, “Isıl işlemin bazı ağaç malzemelerde yüzey pürüzlülüğü ve vernik yapışma direncine etkisi”, *Politeknik Dergisi*, c. 20, s.1, ss. 231–239, 2017.
- [37] H. Peker, “Mobilya üst yüzeylerinde kullanılan verniklere emprenye maddelerinin etkileri”, Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 1997.
- [38] M. Mıdırıoğlu, “Isıl işlem görmüş ladin ağaçlarından üretilen masif panellerin vernik etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2015.
- [39] N. Ayrılmış, G. Ulay, E. F. Bağlı, ve İ. Özkan, “Ahşap sandviç kompozit levhaların yapısı ve mobilya endüstrisinde kullanımı”, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 15, s.1, ss. 37–48, 2015.
- [40] A. Unger, A. P. Schniewind, W. Unger, *Conservation of Wood Atifacts, A Handbook*. Germany: Springer Science& Business Media, Germany, 2001.
- [41] A.Y. Bozkurt ve Y. Göker, *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi*. II. Baskı, İstanbul, Türkiye: İ.Ü Orman Fakültesi Yayınları, 1996, böl.13, ss.205-207.
- [42] T. Priadi and S. Hiziroglu, “Characterization of heat treated wood species”, *Materials & Design*, vol. 49, pp. 575–582, 2013.
- [43] D. S. Korkut and B. Guller, “The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood”, *Bioresource Technology*, vol. 99, no. 8, pp. 2846–2851, 2008.
- [44] B. Rebkowski and K. J. Krajewski, “Chosen aspects of degradation of spruce wood used in outdoor conditions”, *Forestry and Wood Technology*, vol. 84, no.1957, pp. 71–74, 2013.
- [45] M. Y. Li, S. C. Cheng, D. Li, S. N. Wang, A. M. Huang, and S. Q. Sun, “Structural characterization of steam-heat treated *Tectona grandis* wood analyzed by FT-IR and 2D-IR correlation spectroscopy”, *Chinese Chemical Letters*, 2015.
- [46] J. Song, Chaoji C. , Zhu S., Zhu M., Dai J., Ray U., Li Y., Kuang Y., Li, Yongfeng Q., Nelson Y., Yonggang G., Amy L., Bruck H., Zhu J.Y., Vellore A., Li H., L. Minus, Marilyn J., Z., Hu L., “Processing bulk natural wood into a high-performance structural material”, *Nature*, vol. 554, no.7691, pp. 224–228, 2018.
- [47] A. Berkel, *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, I. Baskı, İstanbul, Türkiye: İ.Ü Orman Fakültesi Yayınları, 1972, ss.43-53,
- [48] M. K. Yalınkılıç, E. Baysal, Z. Demirci, ve H. Peker, “Sarıçam, kayın, ladin ve kızılğaç odunlarının çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilebilme özellikleri”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c.2, s.2, ss.

147–156, 1996.

- [49] M. Budakçı ve A. Sönmez, “Bazı ahşap verniklerin farklı ağaç malzeme yüzeylerindeki yapışma direncinin belirlenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 25, s.1, 2010.
- [50] D. Kocaefe, R. Younsi, B. Chaudry, and Y. Kocaefe, “Modeling of heat and mass transfer during high temperature treatment of aspen”, *Wood Science and Technology*, vol. 40, no 5, pp. 371–391, 2006.
- [51] S. Kadem, A. Lachemet, R. Younsi, and D. Kocaefe, “3d-Transient modeling of heat and mass transfer during heat treatment of wood”, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 38, no 6, pp. 717–722, 2011.
- [52] S. Korkut, “The effects of heat treatment on some technological properties in Uludağ fir (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) wood”, *Building and Environment*, vol. 43, no. 4, pp. 422–428, 2008.
- [53] M. Budakçı ve M. Karamanoğlu, “Açık hava koşullarının odunun bazı fiziksel özelliklerine etkileri”, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 14, s.1, ss. 37–47, 2014.
- [54] M. Yalcin, H. Pelit, C. Akcay, and N. Cakicier, “Surface properties of tannin-impregnated and varnished beech wood after exposure to accelerated weathering”, *Coloration Technology*, vol. 133, no. 4, pp. 334–340, 2017.
- [55] B. Kaygın, “Ahşap yüzeylerde kullanılan opak boyların dayanım özellikleri”, Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 1997.
- [56] A. Sönmez ve M. Budakçı, *Ağaçışlerinde Üstyüzey İşlemleri II Koruyucu Katman ve Boya/Vernik Sistemleri*, Ankara, Türkiye: İndeks İletişim, 2004, bölüm III, ss.48-120.
- [57] İ. Emrah ve Ş. Dönmez, “Ağaç kabuğunun yapısı ve yararlanma imkânları”, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, c. 14, ss. 156–162, 2013.
- [58] G. Ulay ve M. Budakçı, “Ahşap yüzeylerde kullanılan su bazlı vernikler ile ilgili Türkiye’de yapılan çalışmalar”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 3, s. 2, ss. 470–480, 2015.
- [59] M. Yakın, “Su bazlı verniklerde sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma mukavemetinin tespiti”, Yüksek Lisans tezi, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2001.
- [60] H. F. Payne., *Organic Coating Technology*, Volume I, New York, USA: John Wiley & Sons Press, 1965, pp:674 .
- [61] M. Budakçı, “Pnömatik adezyon deney cihazı tasarımı, üretimi ve ahşap verniklerinde denenmesi”, Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2003.
- [62] A. M. Kaminski and M. W. Urban, “Interfacial studies of crosslinked urethanes: Part II. The effect of humidity on waterborne polyurethanes; a spectroscopic study”, *Journal of Coatings Technology*, vol. 69, no.10, pp. 113–121, 1997.
- [63] Y. Zhang, A. Asif, and W. Shi, “Highly branched polyurethane acrylates and their waterborne UV curing coating”, *Progress in Organic Coatings*, vol. 71, no 3, pp. 295–301, 2011.

- [64] P. E. Mallon, Y. Li, R. Zhang, H. Chen, Y. Wu, T.C. Sandereczki, Y. C. Jean, R. Suzuki, T. Ohdaira “Durability of polymeric coatings: effects of natural and artificial weathering”, *Applied Surface Science*, vol. 194, no.1–4, pp. 176–181, 2002.
- [65] H. J. Adler, K. Jahny, and B. Vogt-Birnbrich, “Polyurethane macromers - New building blocks for acrylic hybrid emulsions with outstanding performance”, *Progress in Organic Coatings*, vol. 43, no. 4, pp. 251–257, 2001.
- [66] G. Ulay ve N. Çakıcıer, “Ahşap ve ahşap kompozit malzemelerden üretilen mobilyalarda yüzey koruyucu katmanları ve insan sağlığı üzerine etkileri”, *Uluslararası İnsan Sağlığı ve Çevre Sempozyumu*, KKTC, 2016, ss.178-185.
- [67] Y. Wang, F. Qiua, B. Xub, J. Xub, Y. Jiangb, D. Yanga and P. Li, “Preparation, mechanical properties and surface morphologies of waterborne fluorinated polyurethane-acrylate”, *Progress in Organic Coatings*, vol. 76, no. 5, pp. 876–883, 2013.
- [68] A. Sönmez, M. Budakçı, ve M. Yakın, “Ağaç malzemedeki su çözünürlüğü vernik uygulamalarının sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma direncine etkileri”, *Politeknik Dergisi*, c. 7, s.3, ss. 229–235, 2004.
- [69] T. Zhang, W. Wu, X. Wang, and Y. Mu, “Effect of average functionality on properties of UV-curable waterborne polyurethane-acrylate”, *Progress in Organic Coatings*, vol. 68, n. 3, pp. 201–207, 2010.
- [70] H. Xu, F. Qiu, Y. Wang, W. Wu, D. Yang, and Q. Guo, “UV-curable waterborne polyurethane-acrylate: Preparation, characterization and properties”, *Progress in Organic Coatings*, vol. 73, no. 1, pp. 47–53, 2012.
- [71] A. Cavalli, D. Cibecchini, M. Togni, and H. S. Sousa, “A review on the mechanical properties of aged wood and salvaged timber”, *Construction and Building Materials*, vol. 114, 2016, pp:681-687.
- [72] M. Budakçı ve M. Akkuş, A. A. Budakçı, “Su bazlı boya ve verniklerin Türkiye’deki üretimi ve kullanımı”, *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’11)*, Elazığ, Türkiye, 2011, ss. 6–11.
- [73] A. Temiz, “Benzetilmiş dış ortam koşullarının empenyeli ağaç malzemeye etkileri”, Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2005.
- [74] Ü. Ayata, “Isıl işlem görmüş (Thermowood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su-bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direncinin belirlenmesi”, Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2014.
- [75] J. Seltman, “Freilegen der Holzstruktur durch UV-bestrahlung”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, vol.53, no.4, pp. 225–228, 1995.
- [76] V. Jirous-Rajkovic, H. Turkulin and E. R. Miller, “Depth profile of UV-induced wood surface degradation”, *Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions*, vol. 87, no.4, pp. 241–247, 2004.
- [77] J. Sell and W. C. Feist, “Role of density in the erosion of wood during weathering”, *Forest products journal*, vol. 36, no.3, pp. 57–60, 1986.
- [78] G. Ulay ve N. Çakıcıer, “Ahşap ve ahşap kompozitlerde yüzey yaşlandırma test tekniklerinin incelenmesi”, *Uluslararası Malzeme Bilimi ve Teknolojisi*

Konferansı, Kapadokya (IMSTEC'16), Türkiye, 2016, ss. 784–790.

- [79] L. F. E. Jacques, “Accelerated and outdoor/natural exposure testing of coatings”, *Progress in Polymer Science (Oxford)*, vol. 25, no.9, pp. 1337–1362, 2000.
- [80] Anonim, (2018, 7 Temmuz).(online). Erişim: <https://www.q-lab.com/documents/public/2058b034-a8c2-4d8b-831b-6fe949c9053e.pdf>.
- [81] G. R. Fedor and P. J. Brennan, *Technical Bulletin LU-8035 Comparison Between Natural Weathering and Fluorescent UV Exposures* :1996, pp. 1–12.
- [82] H. İ. Kesik, “Değişik kimyasallar ile ön işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde su bazlı verniklerin katman performansları”, Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2009.
- [83] Ş. Doruk, “Lamin ağaç malzemelerde vernik ve emprenye işlemlerinin yaşlandırmaya etkisinin belirlenmesi”, Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2009.
- [84] U. Müller, M. Rätzsch, M. Schwanninger, M. Steiner, and H. Zöbl, “Yellowing and IR-changes of spruce wood as result of UV-irradiation”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, vol.69, no.2, pp. 97–105, 2003.
- [85] W. D. Ketola and D. Grossman, *Accelerated and Outdoor Durability Testing of Organic Materials*, Philadelphia, USA: STP 1202 ASTM special technical publication 1994, pp:68-88.
- [86] A. Aytin, “Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri”, Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2013.
- [87] M. Crewdson, (2018, May 15) [Online]. Available: http://digital.bnpmedia.com/publication/?i=69057&article_id=719344&view=articleBrowser&ver=html5#{%22issue_id%22:69057,%22page%22:%2236%22}
- [88] G. Ulay, “Hızlandırılmış yaşlandırma (yapay yaşlandırma) testlerinde kullanılan cihazların incelenmesi”, *Uluslararası Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Konferansı Kapadokya (IMSTEC'16)*, Türkiye, 2016, ss. 644–650.
- [89] C. Decker, F. Masson, and R. Schwalm, “Weathering resistance of waterbased UV-cured polyurethane-acrylate coatings”, *Polymer Degradation and Stability*, vol. 83, no.2, pp.309–320, 2004.
- [90] B. C. Kielmann and C. Mai, “Application and artificial weathering performance of translucent coatings on resin-treated and dye-stained beech-wood”, *Progress in Organic Coatings*, vol.95, pp.54–63, 2016.
- [91] X. F. Yang, D. E. Tallman, G. P. Bierwagen, S. G. Croll, and S. Rohlik, “Blistering and degradation of polyurethane coatings under different accelerated weathering tests”, *Polymer Degradation and Stability*, vol.77, no.1, pp.103–109, 2002.
- [92] X. F. Yang, C. Vang, D. E. Tallman, G. P. Bierwagen, S. G. Croll, and S. Rohlik, “Weathering degradation of a polyurethane coating”, *Polymer Degradation and Stability*, vol.74, no.2, pp. 341–351, 2001.
- [93] A. Jankowska, “The study of influence artificial weathering on color changes of selected wood species from Africa”, *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW Forestry and Wood Technology*, vol. 92, pp.131-136, 2015.

- [94] M. Tunçgenç, *Boya Teknolojisine Giriş*, İzmir, Türkiye: Akzo Nobel Kemipol A.Ş., 2004, ss: 10-142.
- [95] L. D. Suits and Y. G. Hsuan, "Assessing the photo-degradation of geosynthetics by outdoor exposure and laboratory weatherometer", *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 21, no.2, pp.111–122, 2003.
- [96] Y. Azuma, H. Takeda, S. Watanabe, and H. Nakatani, "Outdoor and accelerated weathering tests for polypropylene and polypropylene/talc composites: A comparative study of their weathering behavior", *Polymer Degradation and Stability*, vol. 94, no.12, pp. 2267–2274, 2009.
- [97] S. Yıldız, "Isıl işlem uygulanan doğu kayını ve doğu ladini odunlarının fiziksel , mekanik, teknolojik özellikleri", Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2002.
- [98] D. Aydemir ve G. Gündüz, "Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik özellikleri üzerine ısı ile muamele etmenin etkisi", *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, c.11 s.15, ss. 71–81, 2009.
- [99] O. Unsal, S. Korkut, and C. Atik, "The effect of heat treatment on some properties and colour in eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* DEHN.) wood", *Maderas Cienciay tecnología*, vol. 5, no.2, pp. 145–152, 2003.
- [100] S. Korkut ve D. Kocaefe, "Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi", *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, c. 5, s. 2, ss. 11–34, 2009.
- [101] D. Johansson, "Strenght and colour response of solid wood to heat treatment," Ph.D. dissertation, Division of Wood Technology, Luleå University of Technology Department of Skellefteå Campus, Sweden, 2005.
- [102] M. Akkuş, "Renk açma işleminin termal modifikasyon yapılmış bazı ağaç malzemelere etkisi", Yüksek Lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2012.
- [103] A. R. Insulander, "Den samiska pilbågen rekonstruerad", *Journal of Swedish Antiqarian Research*, vol. 94, no.1999, pp. 73–87, 2000.
- [104] N. Ummey and S. Rivers, *Conservation of Furniture*, 1 st Edition, Oxford: Butterworth-Heinemann an imprint of Elsevier Linacre House, 2003, pp: 49-845 .
- [105] D. E. Ostergard, *Bent Wood And Metal Furniture 1850-1946*. 1st Edition, New York. USA:The American Federation of Arts, 1987, pp:15-367.
- [106] D. Twede, "The cask age: the technology and history of wooden barrels", *Packaging Technology and Science*, vol. 18, no.5, pp. 253–264, 2005.
- [107] R. M. Rowell, R. E. Ibach, M. James, and N. Thomas, "Understanding decay resistance, dimensional stability and strength changes in heat-treated and acetylated wood", *Wood Material Science and Engineering*, vol. 4, no.1–2, pp. 14–22, 2009.
- [108] B. Sundqvist, "Colour changes and acid formation in wood during heating", Ph.D. dissertation, Division of Wood Material Science, Luleå University of Technology, Skellefteå, Sweden, 2004.
- [109] Anonim, (2017, 6 Aralık). [Online]. Erişim: <http://www.novawood.com/hakkimizda/>.

- [110] P. Navi and D. Sandberg, *Thermo-Hydro-Mechanical Wood Processing*, First Edition, EPFL Press, Sweden: 2012,40-63.
- [111] A. Karabulut, “Türkiye orman ürünleri sanayisinde ISPM 15 standardına göre ısıtım işlem uygulayan işletmeler üzerine bir araştırma”, Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye, 2010.
- [112] P. Gérardin, M. Petrič, M. Petrissans, J. Lambert, and J. J. Ehrhardt, “Evolution of wood surface free energy after heat treatment”, *Polymer Degradation and Stability*, vol. 92, no. 4, pp. 653–657, 2007.
- [113] G. Ulay, S. Korkut, ve N. Çakicier, “Türkiye’de ısıtım işlemin ağaç malzeme üzerine etkisi konusunda yapılan çalışmaların değerlendirilmesi”, *Ormancılık Dergisi*, c. 10, s.1, ss. 37–47, 2014.
- [114] Anonim, (2018, 2 Mart). [Online]. Erişim: <http://www.nasreddingroup.com/nas-thermowood-isis-islem-gormus-ahsap>.
- [115] Anonim, (2018, 2 Mart), [Online]. Erişim: <http://www.nasreddingroup.com/naswood-katalog-dokumanlar>.
- [116] A. O. Rapp, “Review on heat treatments of wood”, *Seminar*, Antibes, France, vol. 41, no.3, pp. 66, 2001.
- [117] Anonim, (2018, 3 Mart) (Online). Erişim: <http://www.arin.com.tr/urunler/deck-dis-mekan-parkesi>.
- [118] A. Aytin, S. Korkut, Ö. Ünsal, ve N. As, “Thermowood yöntemi ile ısıtım işlemin yabancı kiraz odununda bazı mekanik özellikler üzerine etkisi”, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, c. 6, s.3, ss. 899–911, 2017.
- [119] E. A. Salca and S. Hiziroglu, “Evaluation of hardness and surface quality of different wood species as function of heat treatment”, *Materials and Design*, vol. 62, pp. 416–423, 2014.
- [120] H. İ. Şahin ve C. Güler, “Hızlı gelişen dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) odununun orman ürünleri endüstrisinde değerlendirilmesi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 3, s.1, ss. 357–365, 2015.
- [121] H. İ. Şahin, “Isıtım işlemin doğal ve plantasyon ormanlarında yetişen dişbudak (*Fraxinus andustifolia* Vahl.) odunlarının bazı teknolojik özelliklerine etkisi”, Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2013.
- [122] C. Guler, H. I. Sahin, and S. Aliogullari, “Effect of spacing on some mechanical properties of narrow leaved ash (*Fraxinus angustifolia*) wood”, *Maderas Ciencia y tecnología*, vol. 17, no. 4, pp. 773–788, 2015.
- [123] Y. Göker ve A. Kurtoğlu, “Bazı Denizaşırı Ağaç Türlerinin Kullanım Yerleri”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 36, s. 4, ss. 54–74, 1986.
- [124] *Kondisyonlama ve/veya deney için standard atmosferler özellikler*, Türk Standartları Enstitüsü, TS 642 ISO 554, 1997.
- [125] *Paints and varnishes - exposure of coatings to artificial weathering- Exposure to fluorescent UV and water*, International Standart Organization, ISO 11507, 2007.
- [126] *Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler*, Türk Standartları Enstitüsü, TS 2470, 2005.

- [127] *Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, TS 2472, 2005.
- [128] *Standard test methods for nonvolatile content of varnishes*, American Society for Testing and Materials, ASTM D1644-01, 2017.
- [129] *Ahşap koruma-emprenye maddesi nüfuz derinliğinin tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, TS 5723, 1988.
- [130] A. Temiz, U. C. Yildiz, I. Aydın, M. Eikenes, G. Alfredsen, and G. Colakoglu, "Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test, *Applied Surface Science*, vol. 250, no.1–4, pp. 35–42, 2005.
- [131] Y. Örs ve M. Atar, "Kayın odununda emprenye ve renk açma işlemlerinin vernik katman sertlik üzerine etkileri", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, c. 25, ss. 443–450, 2001.
- [132] *Standard test method for nondestructive measurement of dry film thickness of applied organic coatings using an ultrasonic gage*, American Society for Testing and Materials, ASTM D-6132, 2008.
- [133] *Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates*, American Society for Testing and Materials, ASTM-D 2244-16, 2016.
- [134] C. Söğütü ve A. Sönmez, "Değişik koruyucular ile işlem görmüş bazı yerli ağaçlarda UV ışınlarının renk değiştirici etkisi", *Gazi Üniv Müh Mim Fak Der*, c. 21, sayı 1, ss. 151–159, 2006.
- [135] *Paints and varnishes - Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees*, International Organization for Standardization, ISO-2813, 1994.
- [136] *Geometrical product specifications surface texture profile method terms, definitions and surface texture parameters*, International Standart Organization, ISO-4287, 1997.
- [137] *Paints and varnishes, pendulum damping test*, International Standart Organization, ISO-1522, 2006.
- [138] *Standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers*, American Society for Testing and Materials, ASTM 4541, 2017.
- [139] *Ahşap mobilya yüzeyleri - Vernik veya boya katmanlarının yapışma mukavemetinin tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, TS 6884, 1989.
- [140] IBM SPSS statistics 23, *Bilgisayar Paket Programı*, Brief Guide, ss: 84, 2015.
- [141] E. Saygı, "Reçine temizleme işleminin su bazlı verniklerin katman performansına etkisi", Yüksek Lisans tezi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2016.
- [142] D. Aydemir, G. Gunduz, and S. Ozden, "The influence of thermal treatment on color response of wood materials", *Color Research and Application*, vol. 37, no. 2, pp. 148–153, 2012.
- [143] H. Pelit, "Colour characteristics of densified and thermally post-treated beech and pine woods", *Mugla Journal of Science and Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 187–192, 2016.

- [144] N. Todorovic, Z. Popovic, G. Milic, and R. Popadic, “Estimation of heat-treated beechwood properties by color change”, *BioResources*, vol. 7, no.1, pp. 799–815, 2012.
- [145] M. Matsuo, M. Yokoyama, K. Umemura, J. Gril, K. Yano, and S. Kawai, “Color changes in wood during heating: Kinetic analysis by applying a time-temperature superposition method”, *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, vol. 99, no.1, pp. 47–52, 2010.
- [146] K. Mitsui and L. Tolvaj, “Color changes in acetylated wood by the combined treatment of light and heat”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, vol. 63, no. 5, pp. 392–393, 2005.
- [147] M. Matsuo, J. Gril, M. Yokoyama, K. Umemura, and S. Kawai, “Modelling of colour change induced by aging and heat treatment by using the multi-process kinetic analysis”, *1st Workshop of COST Action FP0904 “Mechano-Chemical transformations of wood during Thermo-Hydro-Mechanical processing”*, May 2011.
- [148] M. Matsuo, M. Yokoyama¹, K. Umemura¹, J. Sugiyama¹, S. Kawai, J. Gril, S. Kubodera, T. Mitsutani, H. Ozaki, M. Sakamoto and M. Imamura, “Aging of wood: analysis of color changes during natural aging and heat treatment”, *Holzforschung*, vol. 65, no.3, pp. 361–368, 2011.
- [149] E. L. Anderson, Z. Pawlak, N. L. Owen and W. C. Feist, “Infrared studies of wood weathering. Part I : Softwoods”, *Applied Spectroscopy*, vol. 45, no.4, pp. 641–647, 1991.
- [150] B. Kaygin, G. Gunduz, and D. Aydemir, “Some physical properties of heat-treated paulownia (*Paulownia elongata*) wood”, *Drying Technology*, vol. 27, no.1, ss. 89–93, 2009.
- [151] A. Ahajji, P. N. Diouf, F. Aloui, I. Elbakali, D. Perrin, A. Merlin, B. George., “Influence of heat treatment on antioxidant properties and colour stability of beech and spruce wood and their extractives”, *Wood Science and Technology*, vol. 43, no. 1–2, ss. 69–83, 2009.
- [152] S. M. B. Sehlstedt-Persson, “High-temperature drying of scots pine a comparison between HT- and LT-drying”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, vol. 53, no. 2, pp. 95–99, 1995.
- [153] S. M. B. Sehlstedt-Persson, “Colour responses to heat-treatment of extractives and sap from pine and spruce”, *8th International IUFRO Wood Drying Conference*, no.1997, pp. 459–464, 2003.
- [154] A. Cogulet, P. Blanchet, and V. Landry, “Wood degradation under UV irradiation: A lignin characterization”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, vol. 158, pp. 184–191, 2016.
- [155] D. S. Korkut, S. Hiziroglu, and A. Aytin, “Effect of heat treatment on surface characteristics of wildcherry wood”, *BioResources*, vol. 8, no.2, pp. 1582–1590, 2013.
- [156] B. M. Esteves and H. M. Pereira, “Wood modification by heat treatment: A review”, *BioResources*, vol. 4, no.1, pp. 370–404, 2009.
- [157] B. M. Esteves, I. J. Domingos, and H. M. Pereira, “Pine wood modification by heat treatment in air”, *BioResources*, vol. 3, no.1, pp. 142–154, 2008.

- [158] S. Korkut, "Performance of three thermally treated tropical wood species commonly used in Turkey", *Industrial Crops and Products*, vol. 36, no.1, pp. 355–362, 2012.
- [159] F. D. Güler, "Bazı ağaç türlerinde ısıtma işlem uygulamasının vernik katman özellikleri üzerine etkisi", Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2010.
- [160] Z. Çalıova, "Kızılağaç ve doğu ladini odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısıtma işleminin etkisi", Yüksek Lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2011.
- [161] N. Çakıcıer, S. Korkut, and F. D. Güler, "Effects of heating treatment on some of the physical properties of varnish layers applied on various wood species", *African Journal of Biotechnology*, vol. 10, no. 9, pp. 1578–1585, 2011.
- [162] T. Gürleyen, Ü. Ayata, L. Gürleyen, B. Esteves ve N. Çakıcıer, "Üvez (Sorbus L.) odununa uygulanan tek ve çift kat uv sistem parke vernik katmanlarında renk, parlaklık ve salınımsal sertlik değerlerinin belirlenmesi", *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September*, 2017, ss. 1327–1336.
- [163] S. Korkut, D. S. Korkut, D. Kocaefe, D. Elustondo, A. Bajraktari, and N. Çakıcıer, "Effect of thermal modification on the properties of narrow-leaved ash and chestnut", *Industrial Crops and Products*, vol. 35, no.1, pp. 287–294, 2012.
- [164] N. Çakıcıer, S. Korkut, and D. Sevim Korkut, "Varnish layer hardness, scratch resistance, and glossiness of various wood species as affected by heat treatment", *BioResources*, vol. 6, no. 2, pp. 1648–1658, 2011.
- [165] A. Aksoy, M. Deveci, E. Baysal, and H. Toker, "Colour and gloss changes of Scots pine after heat modification", *Wood Research*, vol. 56, no.3, pp. 329–336, 2018.
- [166] Ü. Ayata ve N. Çakıcıer, "Isıtma işlem görmüş (thermowood) ve su-bazlı vernik uygulanmış bazı ağaç türlerine uygulanan hızlandırılmış uv yaşlandırma nın yüzey parlaklık değişiminin belirlenmesi", *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, c. 6, sayı 3, ss. 1236–1248, 2017.
- [167] M. Karamanoğlu, "Açık hava şartlarında bırakılmış bazı ağaç malzemelerin renk açma işlemi ile restorasyonu", Yüksek Lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2012.
- [168] R. Liu, X. Pang, and Z. Yang, "Measurement of three wood materials against weathering during long natural sunlight exposure", *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, vol. 102, pp. 179–185, 2017.
- [169] S. Özcan, A. Özcifci, S. Hiziroglu, and H. Toker, "Effects of heat treatment and surface roughness on bonding strength", *Construction and Building Materials*, vol. 33, pp. 7–13, 2012.
- [170] F. Özdemir ve S. Yıldırım, "Isıtma işlem uygulanmış orta yoğunluklu lif levhanın (mdf) yüzey pürüzlülüğü üzerine araştırma", *Turkish Journal of Forest Science*, c. 1, s.1, ss. 85–92, 2017.
- [171] S. Korkut and M. Budakci, "The effects of high-temperature heat-treatment on physical properties and surface roughness of rowan (Sorbus aucuparia.) wood", *Wood Research*, vol. 55, no.1, pp. 67–78, 2010.

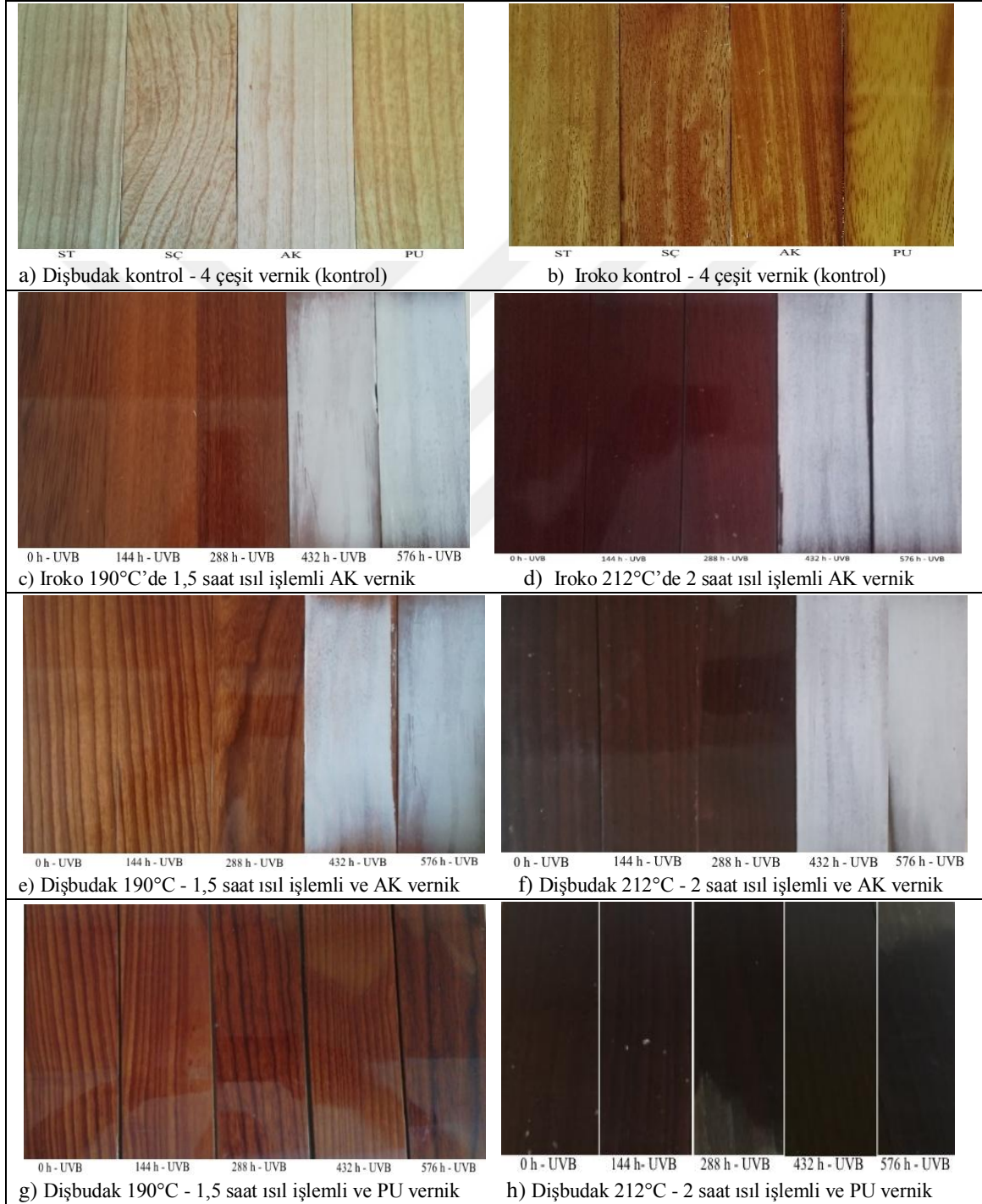
- [172] A. Aytin, S. Korkut and N. Çakıcıer, “Yabani kiraz odununda bazı yüzey karakteristikleri üzerine thermowood® yöntemi ile ısıtıl işlemin etkisi”, *Selçuk-Teknik Dergisi*, özel sayı, ss. 539–554, 2015.
- [173] E. Baysal, S. Degirmentepe, and H. Simsek, “Some surface properties of thermally modified scots pine after artificial weathering”, *Maderas Ciencia y tecnología*, vol. 16, no.3, pp. 355–364, 2014.
- [174] E. D. Tomak, D. Ustaomer, S. Yildiz, and E. Pesman, “Changes in surface and mechanical properties of heat treated wood during natural weathering”, *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, vol. 53, pp. 30–39, 2014.
- [175] S. Yildiz, E. D. Tomak, U. C. Yildiz, and D. Ustaomer, “Effect of artificial weathering on the properties of heat treated wood”, *Polymer Degradation and Stability*, vol. 98, no. 8, pp. 1419–1427, 2013.
- [176] A. Gündüz, “Bakır esaslı emprenye maddelerinin hızlandırılmış-yaşlandırma işlemlerinde verniklerin performanslarına etkilerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans tezi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Muğla Üniversitesi, Muğla, Türkiye, 2018.
- [177] R. Özen ve A. Sönmez, “Dış hava şartlarının verniklerin katman sertliğine etkileri”, *Tr J of Agriculture and Forestry*, vol. 23, no. 323–328, 1999.
- [178] B. Kazan, “Su bazlı vernik uygulanmış yüzey üzerindeki ısıtıl işlemin etkileri”, Yüksek Lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 2009.
- [179] H. Pelit, “Yoğunlaştırma ve ısıtıl işlemin doğu kayını ve sarıçamın bazı teknolojik özellikleri ile üstyüzey işlemlerine etkisi”, Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2014.
- [180] N. Çakıcıer, S. Korkut, D. Sevim Korkut, A. Kurtoğlu, E. S. Erdinler, G. Ulay, “The effects of protective dye layer applied on varnish layer hardness, scratch resistance and glossiness of various blockboard types”, *African Journal of Agricultural Research*, vol. 6, no.10, pp. 2303–2308, 2011.
- [181] M. K. Yalinkilic, R. Ilhan, Y. Imamura, M. Takahashi, Z. Demirci, A. C. Yalinkilic, H. Peker, “Weathering durability of CCB-impregnated wood for clear varnish coatings”, *Journal of Wood Science*, vol. 45, no.6, pp. 502–514, 1999.
- [182] M. Budakçı, “Ahşap verniklerinde katman kalınlığının sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma mukavemetine etkileri”, Yüksek Lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 1997.
- [183] A. Sonmez, M. Budakci, Z. Demirci, and M. Akkus, “Effects of thermal aging on the film hardness of some wood varnishes”, *BioResources*, vol. 6, no. 4, pp. 4594–4605, 2011.
- [184] B. Kaygin and E. Akgun, “A nano-technological product: An innovative varnish type for wooden surfaces”, *Scientific Research and Essays*, vol. 4, no.1, pp. 1–7, 2009.
- [185] B. Kaygin and E. Akgun, “Comparison of conventional varnishes with nanolack UV varnish with respect to hardness and adhesion durability”, *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 9, no. 4, pp. 476–485, 2008.

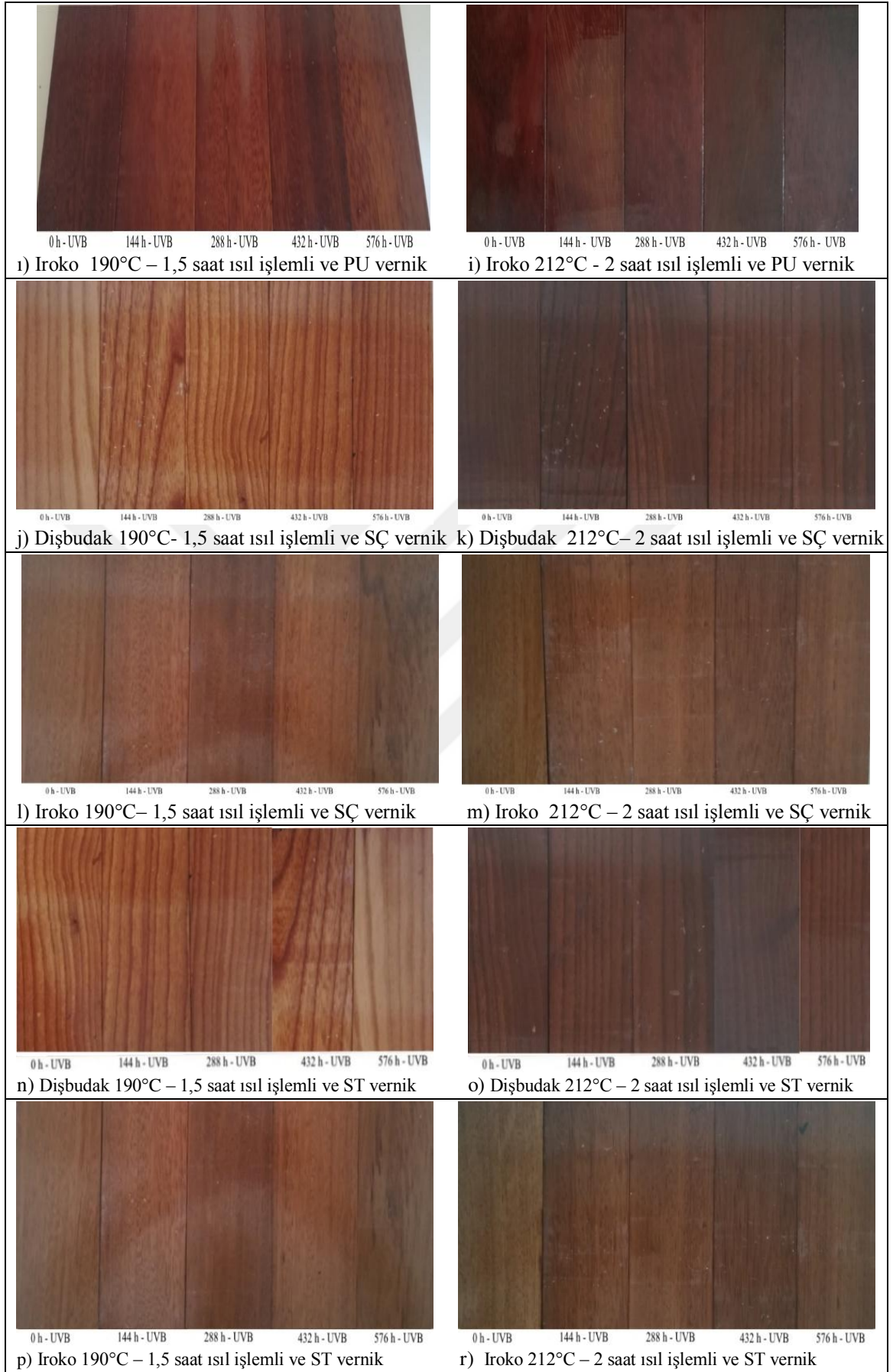
- [186] B. Uysal, M. Atar, and A. Ozciftci, "The effects of chemicals for using the bleaching of the wood surfaces on", *Tr J of Agriculture and Forestry*, vol. 23, pp. 443–450, 1999.
- [187] M. E. Nichols, J. L. Gerlock, and C. A. Smith., "Rates of photooxidation induced crosslinking and chain scission in thermoset polymer coatings-I", *Polymer Degradation and Stability*, vol. 56, no. I, pp. 81–91, 1997.
- [188] F. X. Perrin, M. Irigoyen, E. Aragon, and J. L. Vernet, "Evaluation of accelerated weathering tests for three paint systems: A comparative study of their aging behaviour", *Polymer Degradation and Stability*, vol. 72, no.1, pp. 115–124, 2001.
- [189] N. Çakicier, S. Korkut, D. S. Korkut, A. Kurtoğlu, and A. Sönmez, "Effects of QUV accelerated aging on surface hardness, surface roughness, glossiness, and color difference for some wood species", *International Journal of Physical Sciences*, vol. 6, no 8, pp. 1929–1939, 2011.
- [190] A. Sönmez, ve M. Budakçı, "Tahta koruyucunun dış cephe verniklerinin yapışma direncine etkisi", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 14, s. 2, ss. 305–314, 2001.
- [191] L. Gurleyen, U. Ayata, B. Esteves, and N. Cakicier, "Effects of heat treatment on the adhesion strength, pendulum hardness, surface roughness, color and glossiness of Scots pine laminated parquet with two different types of UV varnish application", *Maderas Ciencia y tecnología*, vol. 19, no.2, pp. 213–224, 2017.
- [192] H. I. Kesik ve H. Akyildiz, "Effect of the heat treatment on the adhesion strength of water based wood varnishes", *Wood Research*, vol. 60, no. 6, pp. 987–994, 2015.
- [193] H. Pelit, "Ağaç malzeme rutubet miktarının su bazlı vernik katman özelliklerine etkisi", Yüksek Lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2007.
- [194] M. Esmer, "Isıl işlem görmüş ağaç malzemede vernik yapışma direnci", Yüksek Lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2015.
- [195] B. Dalyan, "Marine koşullarının verniklenmiş ahşap malzeme üzerine etkileri", Yüksek Lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2010.
- [196] M. Budakçı and C. Taşcıoğlu, "Adhesion properties of some protective layers exposed to outside weather conditions for five years", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 37, no.1, pp. 126–132, 2013.
- [197] M. Aydın, "Marmara bölgesindeki Türkiye yat mobilyası üretim sektörünün yapısal analizi", Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2012.
- [198] M. Aydın ve K. H. Koç, "Yat mobilyası imalatı ve işletmelerin karşılaştıkları sorunlar üzerine bir alan araştırması", *Selçuk Teknik Dergisi*, özel sayı, ss. 251-268 2015.
- [199] P. Bekhta and P. Neimz "Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood", *Holzforschung*, vol.57, no.5, pp. 539–546, 2003.

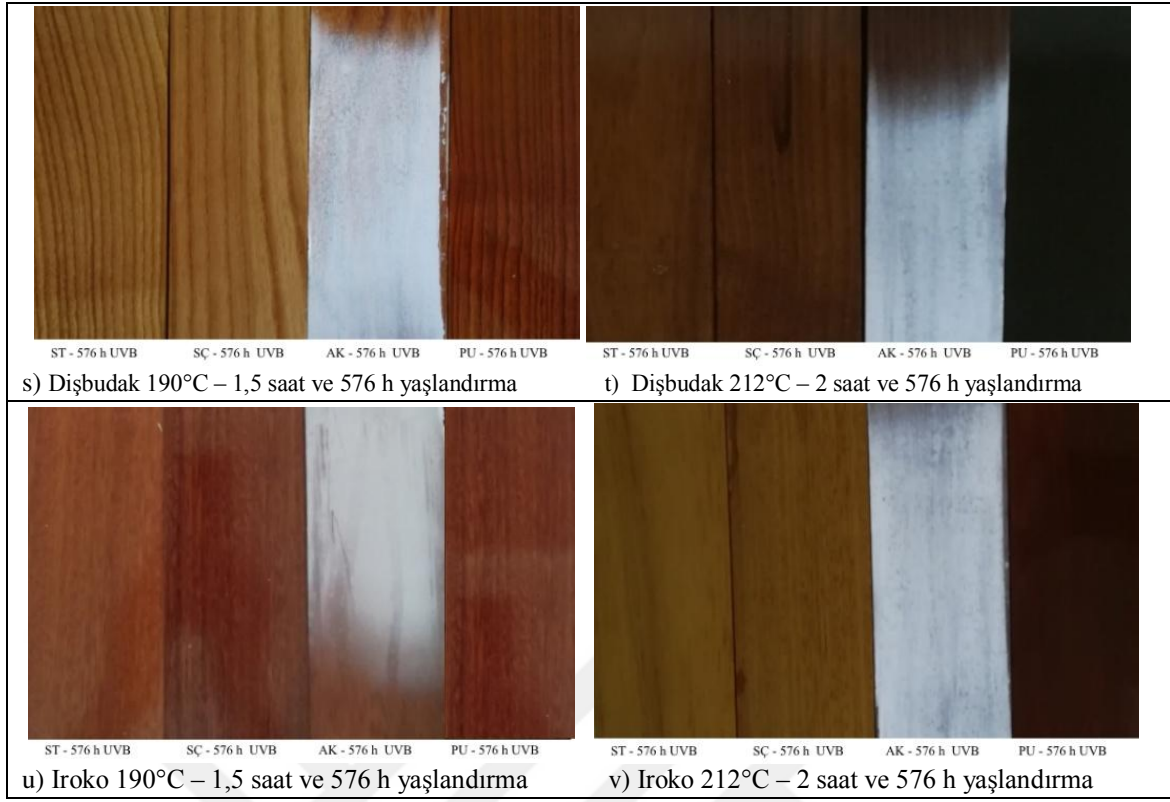
- [200] A. D. Skaja, S. D. Croll “Quantitative ultraviolet spectroscopy in weathering of a model polyester–urethane coating”, *Polymer Degradation and Stability*, vol.79, 123–131, 2003.
- [201] T. Gürleyen, “Isıl işlem görmüş bazı ağaç türlerine uygulanan sentetik vernik, su-bazlı vernik ve tük yağ katmanlarının hızlandırılmış uv yaşlandırma etkisine karşı direncinin saptanması”, Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2018.
- [202] M. M. Gonzales-Pena and M. D. C. Hale “Colour in thermally modified wood of beech, Norway spruce and scots pine. part 1: colour evolution and color change”, *Holzforschung*, vol.63, pp. 385–393, 2009.
- [203] X. Huang, D. Kocaefe, Y. Kocaefe, Y. Boluk, A. Pichette “Study of the degradation behavior of heat-treated jack pine (*Pinus banksiana*) under artificial sunlight irradiation”, *Polymer Degradation and Stability*, vol.97, pp.1197-1214, 2012.
- [204] N. Ayadi, F. Lejeune, F. Charrier, B. Charrier, A. Merlin “Color stability of heat-treated wood during artificial weathering”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, vol.61 pp. 221-226, 2003.

6. EKLER

6.1. EK-1: YAŞLANDIRILMIŞ DENEY ÖRNEK FOTOĞRAFLARI







ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Göksel ULAY
Doğum Tarihi ve Yeri : 1981 / Kadıköy
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : gokselulay@gmail.com , g.ulay@yyu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Doktora	Orman Endüstri Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2018
Y. Lisans	Orman Endüstri Mühendisliği	Düzce Üniversitesi (1 yıl Bilimsel Hazırlık)	2011
Lisans	Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	2007
Lise	Mobilya ve Dekorasyon	Gebze Endüstri Meslek Lisesi	1998

BİLİMSEL YAYINLAR:

Uluslararası dergilerde yayınlanan makaleler:

- Cakicier N., Korkut S., Korkut D.S., Kurtoglu A., Erdinler E.S., Ulay G., "The effects of protective dye layer applied on varnish layer hardness, scratch resistance and glossiness of various blockboard types", *African Journal Of Agricultural Research*, vol.6, pp.2303-2308, 2011.
- Cakicier N., Erdinler S., Ulay G., Korkut S., "The effect of protective dye layer applied with different thicknesses on the paper coated blockboard to the roughness and color characteristics", *International Journal Of Physical Sciences*, vol.5, pp.2143-2149, 2010.

- Korkut D. S., Cakicier N., Erdinler E. S., **Ulay G.**, Dogan A.M., "5S activities and its application at a sample company", *African Journal Of Biotechnology*, vol.8, pp.1720-1728, 2009.
- Ayrılmış N., **Ulay G.**, E.F. Bağlı, İ. Özkan, "Ahşap sandviç kompozitlerin yapısı ve mobilya endüstrisinde kullanımı", *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, s.15, ss. 37-48, 2015.
- Karamanoğlu M., **Ulay G.**, "Deprem riski yüksek bölgelerde iç mekan düzenlemelerinin incelenmesi (Tosya Örneği)", *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, s.17, ss.186-193, 2017.

Ulusal Dergilerde Yayınlanan Makaleler:

- **Ulay G.**, Koç K. H., Cakicier N., "CAD/CAM destekli matriks tablalı CNC makinesinde mutfak mobilyası imalatı, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), pp.203-211, 2017.
- **Ulay G.**, Cakicier N., "Yat ve tekne imalatında kullanılan ağaç türlerine uygulanan hızlandırılmış yaşlandırma (QUV) işleminin koruyucu katman üzerine etkisi", *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), pp.212-218, 2017.
- **Ulay G.**, Engür M.O., "Bir mobilya işletmesinde iş güvenliği uygulamaları ve bunların işletmeye maliyeti", *Selçuk Teknik Online Dergisi*, ss.1260-1274, 2016.
- **Ulay G.**, Cakicier N., Koç K.H., "Yat mobilyası üretiminde CNC makine kullanımı ve karşılaşılan güçlükler", *Selçuk Teknik Online Dergisi*, ss.1033-1054, 2016.
- **Ulay G.**, Cakicier N., Koç K.H., "Yat mobilyasının önemi ve konstrüksiyon ihtiyaçları ", *Selçuk Teknik Online Dergi*, ss.1055-1075, 2016.
- Dündar T., Ayrılmış N., Akkuş M., **Ulay G.**, "Effect of the marble powder and wood powder content on the technological properties of thermoplastic composites", *Machines. Technologies. Materials International Scientific Journal*, vol.6, pp.13-16, 2016.
- **Ulay G.**, Bekiroğlu S., "Deprem faktörünün mobilya kullanımı üzerine etkisinin incelenmesi", *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt.21, ss.43-54, 2016.
- **Ulay G.**, "Ağaç işleri makinelerinde güvenli çalışma için donanım teknolojileri", *Selçuk Teknik Online Dergisi*, cilt.1, ss.130-151, 2015.
- **Ulay G.**, "Mobilya eğitiminde sanayi stajının önemi ve örnek bir uygulama", *Selçuk Teknik Online Dergisi*, cilt.1, ss.452-466, 2015.
- **Ulay G.**, Budakçı M., "Ahşap yüzeylerde kullanılan su bazlı vernikler ile ilgili Türkiye'de yapılan çalışmalar", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, cilt.3, ss.470-480, 2015.
- **Ulay G.**, Korkut S., Çakıcıer N., "Türkiye’de ısıtıl işlemin ağaç malzeme üzerine etkisi konusunda yapılan çalışmaların değerlendirilmesi", *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, cilt.10, ss.37-47, 2014.
- **Ulay G.**, "Mobilya sektörü ve nitelikli personel istihdamının incelenmesi", *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, ss.130-152, 2011.

- Güler C., **Ulay G.**, "Köpüklü (poliüretan) kompozit levhalar ve bazı teknolojik özellikleri ", *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, cilt.A, pp.88-96, 2010.
- **Ulay G.**, Güler C., "Petekli (honeycomb) kompozit levhalar", *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, ss.78-92, 2009.
- Çakıcıer N., Gürleyen L., **Ulay G.**, "Mobilya sektöründeki işletmelerde hizmet içi eğitim uygulanmasına yönelik mevcut durum tespiti", *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, cilt.4, no.2, ss.56-68, 2008.

Hakemli Kongre / Sempozyumların Bildiri Kitaplarında Yer Alan Yayınlar

- Cakicier N., **Ulay G.**, "Benzetilmiş yaşlandırma test cihazları ve bazı sektörlerde kullanımı", *International Science and Technology Conference ISTEK 2017*, Cambridge-Boston, ABD., 16-18 Ağustos 2017, pp.707-707.
- **Ulay G.**, Koç K. H., Cakicier N., "CAD/CAM destekli matriks tablalı CNC makinesinde mutfak mobilyası imalatı (Manufarute of kitchen furniture on CAD/CAM assisted matrix table of CNC machine)", *4. Uluslararası Mobilya ve Dekorasyon Kongresi*, Düzce, Türkiye, 19-21 Ekim 2017, ss.251-259.
- **Ulay G.**, Cakicier N., "Yat ve tekne imalatında kullanılan ağaç türlerine uygulanan hızlandırılmış yaşlandırma (QUV) işleminin koruyucu katman üzerine etkisi", *4. Uluslararası Mobilya ve Dekorasyon Kongresi*, Düzce, Türkiye, 19-21 Ekim 2017, ss.261-268.
- **G. Ulay** ve N. Çakıcıer, "Ahşap ve ahşap kompozit malzemelerden üretilen mobilyalarda yüzey koruyucu katmanları ve insan sağlığı üzerine etkileri", *İnsan Sağlığı ve Çevre Sempozyumu*, KKTC, Mayıs 2016, ss:178-185.
- Akkuş M., **Ulay G.**, Ayrılmış N., "Characterzation of wood polypropylene composites by reinforced pumice's powder/Pomza tozu takviyeli ahşap polipropilen kompozitlerin karakterizasyonu", *International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia*, Nevşehir, Türkiye, 6-8 Nisan 2016, ss.476-481.
- **Ulay G.**, "Hızlandırılmış yaşlandırma (yapay yaşlandırma) testlerinde kullanılan cihazların incelenmesi / Investigation of devices used in tests accelerated ageing (artificial ageing)", *International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia*, Nevşehir, Türkiye, 6-8 Nisan 2016, ss.644-650.
- **Ulay G.**, "Erzincan depremlerinin sonuçları ve dekorasyon üzerine etkisi", *Uluslararası Erzincan Sempozyumu*, Erzincan, Türkiye, 28 Eylül - 1 Ekim 2016, ss.45-53.
- Dündar T., Ayrılmış N., Akkuş M., **Ulay G.**, "Effect of the marble powder and wood powder content on the technological properties of thermoplastic composites ", *XIII. International Congress Machines, Technologies, Materials Winter Session* , Borovest, Bulgaria, Marc 13-16 2016, vol.3, no.189, pp.55-58.
- **Ulay G.**, Cakicier N., "Investigation of surface aging test techniques on wooden and wooden composites / Ahşap ve ahşap kompozitlerde yüzey yaşlandırma test tekniklerinin incelenmesi", *International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia*, Nevşehir, Türkiye, 6-8 Nisan 2016, ss.784-790.

- Gürleyen L., **Ulay G.**, Gürleyen T., Cakicier N., "Mobilya üretimi yapan işletmelerde iş kazalarına yönelik mevcut durumunun tespiti (Düzce İli Örneği)", *II. Ulusal Mobilya Kongresi*, Denizli, Türkiye, 11-13 Nisan 2013, ss.327-340.
- **Ulay G.**, Karamanoğlu M., "The study of interior arrangements in high risk earthquake zones (The example of Tosya)", *2013 International Van Earthquake Symposium*, Van, Türkiye, 22-27 Ekim 2013, vol.1, pp.215-216.
- **Ulay G.**, Bekiroğlu S., "Van earthquake and its impact on using the indoor furniture", *2013 International Van Earthquake Symposium*, Van, Türkiye, 22-27 Ekim 2013, no.1, pp.222-223.
- **Ulay G.**, Güler C., "Köpüklü (poliüretan) ve petekli (honeycomb) kompozit lamine malzemelerin bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi", *MYO-ÖS 2010- Ulusal Meslek Yüksek okulları Öğrenci Sempozyumu*, Düzce, Türkiye, 21-22 Ekim 2010, ss.80.

Tamamlanan Projeler:

- Yat Mobilyalarında kullanılan bazı ağaç türlerine uygulanan vernik katmanlarının performanslarının belirlenmesi", Düzce Üniversitesi, BAP Araştırma Projesi, 2016-02.03.415, Araştırmacı, 2017.

İş Denevimleri:

<u>Firma ismi</u>	<u>Pozisyon</u>	<u>Tarih</u>
Eczacıbaşı Banyo Mutfak A.Ş.-İstanbul	Lise Stajyeri	1997-1998
Galsan Plastik Kalıp A.Ş - Kocaeli	Teknisyen	1998-2000
Oksay Ahşap Ltd. Şti. – Kocaeli	Üniv. Stajyeri	2005- (1 ay)
Diker Mimarlık Ltd. Şti. – İstanbul	Üniv. Stajyeri	2006- (1 ay)
McDonald's Restoran – ABD/Denver	Kasiyer	2006- (4 ay)
Numarine Denizcilik A.Ş – Kocaeli	Üretim–Tasarım Müh.	2007- 2011
Deutsche Werkstätten Hellerua GmbH-Dresden	CNC- CAM	2009- (1 ay)
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi – Van MYO	Öğretim Görevlisi	2011-Devam