DÜZCE ÜNİVERSİTESİ | LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAZI AHŞAP VERNİKLERİNİN KATMAN ÖZELLİKLERİNE FARKLI ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ ETKİSİ

EROL KOÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. HÜSEYİN PELİT

DÜZCE, 2023

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANS ÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAZI AHŞAP VERNİKLERİNİN KATMAN ÖZELLİKLERİNE FARKLI ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ ETKİSİ

Erol KOÇ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Hüseyin PELİT
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Hüseyin PELİT (Danışman)
Düzce Üniversitesi _____

Prof. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ
Gazi Üniversitesi _____

Doç. Dr. Nevzat ÇAKICIER
Düzce Üniversitesi _____

Tez Savunma Tarihi: 20/06/2023

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.

20 Haziran 2023

Erol KOÇ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Hüseyin PELİT'e en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince yardımlarını ve desteğini esirgemeyen Selçuk BAYRAKTAR arkadaşıma, laboratuvar çalışmalarında destek olan hocam Doç. Dr. Nevzat ÇAKICIER'e, katkılarından dolayı tez jürisinde bulunan hocam Prof. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ'ye ve bu süreçte benimle beraber yorulan sevgili eşim ve çocuklarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2022.02.01.1300 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir

20 Haziran 2023 **Erol KOÇ**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ viii

ÇİZELGE LİSTESİ ix

KISALTMALAR xii

SİMGELER xiii

ÖZET xiv

ABSTRACT xv

1. GİRİŞ 16

2. GENEL BİLGİLER 19

2.1. ISIL İŞLEM 19

2.1.1. Isıl İşlem Hakkında Genel Bilgiler 19

2.1.2. Isıl İşlemin Ağaç Malzeme Özellikleri Üzerine Etkisi 19

2.1.2.1. Isıl İşlemin Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi 20

2.1.2.2. Isıl İşlemin Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi 22

2.1.2.3. Isıl İşlemin Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi 23

2.1.2.4. Renk Üzerine Isıl İşlemin Etkisi 24

2.1.2.5. Üstyüzey İşlemi ve Boyanma Kabiliyeti Üzerine Isıl İşlemin Etkisi 25

2.2. ISIL İŞLEM YÖNTEMLERİ 26

2.2.1. ThermoWood 27

2.2.2. PlatoWood Yöntemi 28

2.2.3. Sıcak Yağ Yöntemi (Oil Heat Treatment - OHT) 30

2.2.4. Retification ve Le Bois Perdure Yöntemi 30

2.3. AĞAÇ MALZEME 31

2.3.1. Avrupa Kayını (*Fagus Sylvatica* L.) 31

2.3.2. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) 31

2.4. VERNİKLER 32

2.4.1. Su Bazlı Vernik 32

2.4.2. Sentetik Vernikler 33

2.4.3. Poliüretan Vernikler 34

3. LİTERATÜR ÖZETİ 36

4. MALZEME VE YÖNTEM 43

4.1. MALZEME 43

4.1.1. Ağaç Malzeme 43

4.1.2. Vernik 43

4.1.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması 43

4.1.4. Isıl işlem Uygulamaları 45

4.1.5. Deney Örneklerinin Verniklenmesi 47

4.2. DENEY METODU 49

4.2.1. Retensiyonun Belirlenmesi 49

4.2.2. Verniklerde Katı Madde Miktarının Belirlenmesi 49

4.2.3. Pandüllü Yüzey Sertliğin Belirlenmesi 50

4.2.4. Yüzey Parlaklığının Belirlenmesi 51
4.2.5. Vernik Katmanlarında Yüzeye Yapışma Direncinin Belirlenmesi 51
4.2.6. Renk Değişiminin Belirlenmesi 53
4.2.7. İstatistiksel Değerlendirmeler 54

5. BULGULAR VE VERİ ANALİZİ 55

5.1. RETENSİYON DEĞERLERİ 55
5.2. VERNİKLERİN KATI MADDE MİKTARI 55
5.3. YÜZEY SERTLİK 55
5.4. YÜZEY PARLAKLIK 65
5.5. VERNİKLERİN YÜZEYE YAPIŞMA DİRENCİ 74
5.6. TOPLAM RENK DEĞİŞİMİ 81

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 91

6.1. YÜZEY SERTLİĞİ 91
6.2. YÜZEY PARLAKLIĞI 93
6.3. YAPIŞMA DİRENCİ 94
6.4. TOPLAM RENK DEĞİŞİMİ (ΔE^*) 96

7. KAYNAKLAR 101

8. EKLER 108

8.1. EK:1 DENEY ÖRNEKLERİNİN L^* RENK DEĞERLERİNE AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR. 108
8.2. EK:2 DENEY ÖRNEKLERİNİN a^* RENK DEĞERLERİNE AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR. 109
8.3. EK:3 DENEY ÖRNEKLERİNİN b^* RENK DEĞERLERİNE AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR. 110

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Ağaç malzeme bileşiklerinde ısıl işlem muamelesi ve kurutmadan dolayı meydana gelen değişimler (Johansson, 2005). 20
Şekil 2.2. ThermoWood yönteminin aşamaları (Mayes ve Oksanen, 2002). 27
Şekil 2.3. PlatoWood yöntemi işlem safhaları (Aytin, 2013). 29
Şekil 2.4. Yağlı ısıl işlemin yönteminin şematik olarak gösterilmesi (Rapp ve Sailer, 2001). 30
Şekil 2.5. Sentetik sisteminin yapım şeması (Sönmez ve Budakçı, 2004). 34
Şekil 4.1. Taslak ölçülerde kesilmiş deney örnekleri. 44
Şekil 4.2. Deney örneklerinin silindirik tank düzenekte emprenye işlemi. 44
Şekil 4.3. Emprenye sonrası ağırlık tartımı. 45
Şekil 4.4. Laboratuvar tipi ısıl işlem fırını. 45
Şekil 4.5. Farklı sıcaklıklardaki (a: 170 °C, b: 190 °C ve c: 210 °C) ısıl işlem prosesleri. 46
Şekil 4.6. Isıl işlem sonrası örneklerin iklimlendirme dolabında bekletilmesi. 47
Şekil 4.7. Vernikleme öncesi boyutlandırma ve zımparalama işlemi 47
Şekil 4.8. Poliüretan vernik uygulaması yapılan deney örnekleri. 48
Şekil 4.9. Su bazlı ve sentetik verniklerin tartılarak fırça ile uygulanması. 49
Şekil 4.10. Vernikleri etüv fırınında bekletme işlemi. 50
Şekil 4.11. Örneklerde yüzey sertlik ölçümü. 51
Şekil 4.12. Örneklerde yüzey parlaklık ölçümü. 51
Şekil 4.13. Adezyon test cihazı. 52
Şekil 4.14. Vernik katmanlarında adezyon direnci testi aşamaları. 53
Şekil 4.15. Renk uzayı-CIEL*a*b* (Johansson, 2005). 54

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Isıl işlem yöntemlerinin temel karakteristiği. 27
Çizelge 4.1. Verniklerin bazı teknik ve uygulama özellikleri. 43
Çizelge 5.1. Ağaç malzemelerin retensiyon değerleri. 55
Çizelge 5.2. Verniklerde katı madde miktarı. 55
Çizelge 5.3. Örneklerin yüzey sertliklerine ait aritmetik ortalamalar (salınım). 56
Çizelge 5.4. Örneklerde yüzey sertlik değerleri için ANOVA sonuçları. 57
Çizelge 5.5. Ağaç türüne ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması (salınım). 57
Çizelge 5.6. Isıl işlem yöntemine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 58
Çizelge 5.7. Isıl işlem sıcaklığına ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 58
Çizelge 5.8. Vernik çeşidine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 58
Çizelge 5.9. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 59
Çizelge 5.10. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 59
Çizelge 5.11. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 60
Çizelge 5.12. Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 60
Çizelge 5.13. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 61
Çizelge 5.14. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 61
Çizelge 5.15. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 62
Çizelge 5.16. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 63
Çizelge 5.17. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması. 63
Çizelge 5.18. Örneklerin yüzey parlaklık değerleri. 65
Çizelge 5.19. Örneklerde yüzey parlaklık değerleri için ANOVA sonuçları. 66
Çizelge 5.20. Ağaç türüne ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 67
Çizelge 5.21. Isıl işlem yöntemine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 67
Çizelge 5.22. Isıl işlem sıcaklığına ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 67
Çizelge 5.23. Vernik çeşidine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 67
Çizelge 5.24. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi ikili etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 68
Çizelge 5.25. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 68
Çizelge 5.26. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin yüzey

parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 69
Çizelge 5.27. Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 69
Çizelge 5.28. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 70
Çizelge 5.29. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 70
Çizelge 5.30. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 71
Çizelge 5.31. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 72
Çizelge 5.32. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 73
Çizelge 5.33. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması. 73
Çizelge 5.34. Örneklerde verniklerin yüzeye yapışma dirençlerine ait aritmetik ortalamalar (MPa). 75
Çizelge 5.35. Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri için ANOVA sonuçları. 76
Çizelge 5.36. Ağaç türüne ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. . 76
Çizelge 5.37. Isıl işlem yöntemine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. 77
Çizelge 5.38. Isıl işlem sıcaklığına ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. 77
Çizelge 5.39. Vernik çeşidine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. 77
Çizelge 5.40. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. 78
Çizelge 5.41. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. 78
Çizelge 5.42. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. 79
Çizelge 5.43. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. 79
Çizelge 5.44. Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. 80
Çizelge 5.45. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. 80
Çizelge 5.46. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması. 81
Çizelge 5.47. Örneklerin toplam renk değişim değerleri (*ΔE**). 81
Çizelge 5.48. Örneklerde toplam renk değişim değerleri için ANOVA sonuçları. 82
Çizelge 5.49. Ağaç türüne ilişkin toplam renk değişim değerlerinin Duncan testi karşılaştırması. 83
Çizelge 5.50. Isıl işlem yöntemine ilişkin toplam renk değişim değerlerinin Duncan testi karşılaştırması. 83
Çizelge 5.51. Isıl işlem sıcaklığına ilişkin toplam renk değişim değerlerinin Duncan testi karşılaştırması. 84
Çizelge 5.52. Vernik çeşidine ilişkin toplam renk değişim değerlerinin Duncan testi

karşılaştırması..... 84
Çizelge 5.53. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi ikili etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması..... 84
Çizelge 5.54. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması..... 85
Çizelge 5.55. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması. 85
Çizelge 5.56. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşime ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması. 86
Çizelge 5.57. Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması..... 86
Çizelge 5.58. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması..... 87
Çizelge 5.59. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması. 87
Çizelge 5.60. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşime ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması. 88
Çizelge 5.61. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşime ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması. 88
Çizelge 5.62. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşime ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması..... 89

KISALTMALAR

ANOVA	Analysis of Variance
ASTM D	American Society for Testing and Materials
HG	Homojenlik Grubu
ISO	International Standart Organization
LCD	En Küçük Önemli Aralık
Ns	Önemsiz
OHT	Oil Heat Treatment (Sıcak yağlı muamele)
PU	Poliüretan
PVAC	Polivinil asetat tutkalı
SB	Su bazlı
ST	Sentetik
St. S.	Standart Sapma
SZ	Selülozik
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TS EN	Türk Standartları Enstitüsü Euro Norm
UV	Ultraviole
VTT	Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi
VOC	Organik esaslı uçucu bileşik

SİMGELER

C	Karbon
$C_5H_4O_2$	Furfural
$C_6H_6O_3$	Hidroksimetilfurfural
H	Hidrojen
MPa	Megapaskal
°C	Santigrat Derece
$\bar{x}$	Aritmetik Ortalama
µ	Mikron
ΔE*	Toplam renk değişimi
L*	Renk parlaklık değeri
a*	Kırmızı renk tonu değeri
b*	Sarı renk tonu değeri

ÖZET

BAZI AHŞAP VERNİKLERİNİN KATMAN ÖZELLİKLERİNE FARKLI ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ ETKİSİ

Erol KOÇ

Düzce Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Eğitimi Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. Hüseyin PELİT

Haziran 2023, 110 sayfa

Bu çalışmada, bazı verniklerin katman özellikleri üzerine farklı atmosferik koşullarda ve farklı sıcaklık seviyelerinde uygulanan ısıl işlemlerin etkisi araştırılmıştır. Kayın (*Fagus Sylvatica* L.) ve sarıçam (*Pinus Silvestris* L.) odunu örnekleri sıcak hava, yağlı işlem ve ThermoWood yöntemleri ile 170 °C, 190 °C ve 210 °C sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulmuştur. Ardından, örneklerin yüzeyleri endüstriyel uygulamalara göre su bazlı, poliüretan ve sentetik vernikler ile kaplanmıştır. Hazırlanan örneklerde yüzey sertliği, yüzey parlaklığı, vernik yapışma direnci ve renk değişim testleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, her iki ağaç türü için, ThermoWood ve sıcak hava yöntemleri ile ısıl işlem görmüş örneklerde hem yüzey sertliği hem de vernik yapışma direnci benzer bulunmuştur. Yağlı ısıl işlem görmüş örneklerde ise sertlik ve yapışma direnci genel olarak daha düşüktür. Vernik uygulamaları sonrası toplam renk değişimi, sarıçam örnekler için sıcak hava yönteminde, kayın örnekler için yağlı ısıl işlem yönteminde daha yüksek gerçekleşmiştir. Parlaklık üzerinde ise ısıl işlem yönteminin etkisi önemsizdir. Ayrıca, ısıl işlem sıcaklığı artışına bağlı olarak vernik yapışma direnci ile parlaklık değerleri azalmış ve toplam renk değişimi artmıştır. Sertlik değerleri üzerinde ise ısıl işlem sıcaklığının etkisi belirgin değildir. Diğer taraftan, sentetik verniğe göre poliüretan ve su bazlı vernikte daha yüksek sertlik değerleri belirlenmiştir. Ancak, tüm ısıl işlemli örnekler için en yüksek yapışma direnci sentetik vernikte elde edilmiştir. Ayrıca, ısıl işlemli örneklerin en az renk değişimi su bazlı vernik uygulamalarından sonra tespit edilmiş olup, en yüksek parlaklık değerleri poliüretan vernik uygulamalarından sonra belirlenmiştir. Sonuç olarak, farklı verniklerle kaplanmış sarıçam ve kayın örneklerinde yapışma direnci, renk değişimi ve parlaklık üzerinde ısıl işlem sıcaklığının; yüzey sertlik üzerinde ise ısıl işlem yönteminin daha etkili olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Ağaç malzeme, Isıl işlem yöntemi, Parlaklık, Renk değişimi, Sertlik, Vernik, Yapışma direnci.

ABSTRACT

EFFECT OF DIFFERENT HEAT TREATMENT APPLICATIONS ON THE LAYER PROPERTIES OF SOME WOOD VARNISHES

Erol KOÇ

Düzce University
Postgraduate School of Education, Department of Wood
Products Industrial Engineering
Master's Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin PELİT

June 2023, 110 page

In this study, the effect of heat treatments applied under different atmospheric conditions and at different temperature levels on the layer properties of some varnishes was investigated. Beech (*Fagus Sylvatica* L.) and Scots pine (*Pinus Silvestris* L.) wood samples were subjected to heat treatment at 170 °C, 190 °C and 210 °C by hot air, oil treatment and ThermoWood methods. Then, the surfaces of the samples were coated with water-based, polyurethane and synthetic varnishes according to industrial applications. Surface hardness, surface gloss, varnish adhesion strength and color change tests were performed on the prepared samples. According to the results of the study, for both wood species, both surface hardness and varnish adhesion strength were found to be similar for samples heat-treated with ThermoWood and hot-air methods. Hardness and adhesion strength were generally lower in oil heat-treated samples. The total color change after varnish applications was higher in hot air method for Scotch pine samples and in oil heat treatment method for beech samples. The effect of heat treatment method on gloss was insignificant. In addition, varnish adhesion resistance and gloss values decreased and total color change increased with increasing heat treatment temperature. Heat treatment temperature had no significant effect on hardness values. On the other hand, higher hardness values were determined in polyurethane and water-based varnishes compared to synthetic varnish. However, the highest adhesion strength was obtained in synthetic varnish for all heat-treated samples. In addition, the least discoloration of the heat-treated samples was determined after water-based varnish applications and the highest gloss values were determined after polyurethane varnish applications. As a result, it can be said that heat treatment temperature is more effective on adhesion strength, color change and gloss, and heat treatment method is more effective on surface hardness in yellow pine and beech samples coated with different varnishes.

Keywords: Wood material, Heat treatment method, Gloss, Color change, Hardness, Varnish, Adhesion strength.

1. GİRİŞ

Ağaç malzeme, geçmişten günümüze kadar çok farklı malzemelerin yapımında kullanılan bir hammaddedir (Yalınkılıç, 2013). Teknolojik ilerlemelerin paralelinde ortaya çıkan birçok yeni kullanım alanı ağaç malzemeyi endüstriyel bir hammadde haline getirmiştir. Kullanım alanlarının genişlemesi ve ayrıca insan nüfusu artışı ağaç malzemeye olan talebi artırmakta, bu durum ise, yüksek direnç özellikli ağaç türlerinin günden güne azalmasına sebep olmaktadır. Mevcut durum nedeniyle, kaynakların daha verimli ve duyarlı bir şekilde kullanılması, çeşitli modifikasyon işlemleri ile düşük direnç özellikli ağaç türlerinin endüstride daha yaygın kullanılmalarının sağlanması ve farklı malzemeler üretilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir (Pelit, 2014). Geçmişten beri ağaç malzemeyi pek çok alanda kullanan insanoğlu, bu malzemenin kullanıldığı yerde harici etkilere karşı korunması gerektiğini tecrübe ederek öğrenmiştir (Ulay, 2018).

Demir ve çelik gibi yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında, ağaç malzemenin kütlesinin düşük olması, kolay taşınabilmesi, hafif bir malzeme olmasına karşın mukavemetin yüksek olması, kolay işlenmesi, işlenme sırasında enerji tüketiminin az olması önemli avantajlarındandır. Ağaç malzeme, değişik renk ve dokuya sahip olması ısı, ses ve elektriği az iletmesi, kimyasal maddelerden az etkilenmesi, renklendirme, vernikleme gibi yüzey işlemleri uygulanarak daha cazip hale getirilebilmesi ve eskidikçe koyu renk ve estetik görünüm kazanması gibi nedenlerden dolayı tercih edilmekte ve evrensel bir malzeme olarak kabul görmektedir. Ancak, doğal bir malzeme olmasından dolayı çeşitli biyolojik faktörler tarafından tahrip edilmesi, yanabilme özelliği, havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak değişen denge rutubetine göre boyutlarının değişmesi ve güneş ışınlarının etkisiyle renginin değişmesi arzu edilmeyen özellikleri olarak kabul edilir (Kurtoğlu, 2000).

Ağaç malzemede arzu edilmeyen özelliklerin azaltılması veya ortadan kaldırılması için bilimsel olarak birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların sonuçları doğrultusunda ortaya çıkan yöntemlere genel olarak “Ağaç Malzeme Modifikasyonu Yöntemleri” denilmektedir. Ağaç malzemenin ısıl işleme tabi tutulması sonucu, malzemenin kimyasal bileşenlerinde değişiklik meydana gelmekte ve dolayısı ile ahşabın termal

modifikasyonu olarak tanımlanmaktadır (Korkut ve ark., 2008).

Isıl işlem, kurutulmuş veya yaş haldeki ağaç malzemenin bir fırın yada tank sisteminde, 150 °C - 260 °C arasındaki sıcaklıklarda ve herhangi bir kimyasal madde kullanılmadan muamele edilmesine dayanan fiziksel bir uygulamadır. Bu uygulama fiziksel bir süreç olsa da, ağaç malzemede boyutsal kararlılık, higroskopisite, çürüme direnci ve permabilite gibi özellikleri etkileyen ahşap bileşenlerinde (hemiselüloz, selüloz ve lignin) kimyasal değişikliklere sebep olmaktadır (Boonstra, 2016; Koç ve Pelit 2022).

Isıl işlem tekniği ağaçişleri endüstrisinde önemli bir konuma sahiptir. Farklı ülkelerde birbirinden farklı özelliklerdeki ısıl işlem yöntemleri ve prosesleri uygulanmakta ve bu proseslerin her geçen gün geliştirildiği görülmektedir (Esteves ve Pereira, 2009; Şahin ve Güler 2018). Sıcak hava, sıcak yağ, higrotermal (buhar, nem ve ısının aynı anda etki ettiği koşul) ve hidrotermal (sıcak su ile elde edilen ısı enerjisinin kullanımı) tabanlı uygulamalar ısıl işlemde sıklıkla kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemler arasındaki ana farklılıklar; proses şartlarına (ısıtma ortamı, ıslak veya kuru işlem, koruyucu gaz kullanımı, işlem süresi, ısıtma ve soğutma safhaları vb.), uygulamada kullanılan ekipmanlara (işlem fırını, işlem kazanı vb.) ve ağaç malzemenin özelliklerine (ağaç cinsi, malzeme boyutları, rutubet miktarı vb.) dayandırılır (Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009).

Ağaç malzemede ısıl işlem genel olarak üç amaca yönelik gerçekleştirilmektedir. Bunlar, rutubet alışverişinin azaltılması ile malzemede boyutsal kararlılığı sağlamak, ağaç malzemenin zararlı organizmalara karşı biyolojik dayanımını arttırmak ve ayrıca malzemede denge rutubet miktarını düşürmek, permabiliteyi ve üst yüzey işlemlerinin verimliliğini artırmaktır (Yıldız, 2005; Özdemir ve Arslan, 2011). Isıl işlemler sonucu ağaç malzemede renk değişmekte, biyolojik direnç ve boyutsal kararlılık artmaktadır. Fakat, ağaç malzemede kimyasal yapı değişmekte ve mekanik direnç özellikleri de olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Bu durum ısıl işlemli ağaç malzemenin kullanım alanlarını sınırlayabilmektedir (Aydemir ve Gündüz, 2009; Pelit, 2014). Isıl işlem uygulanan ağaç malzeme yapı elemanları, iç mekanlarda kullanılacak mobilyalar, yer döşeme malzemesi, bahçe mobilyası, sauna elemanları, banyo elemanları ve kapı pencere doğramaları, panjur, ses bariyerleri gibi yerlerde kullanım alanına sahiptir (Kantay ve Kartal, 2007).

Ağaç malzemenin korunması ve estetik değerinin arttırılması amacı ile, 20. yüzyıl başlarından itibaren boya ve vernik sistemleri üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Termal modifikasyon işlemleri ile iç veya dış mekânda kullanılacak olan ağaç malzemeye boyutsal kararlılık ve biyolojik dayanım bakımından üstün özellikler kazandırılmaktadır. Isıl işlemli ağaç malzemeyi yine de dış ortam koşullarına (UV ışını, su, asit yağmuru vb.) karşı korunmak için boya ve vernik gibi üstyüzey gereçleri ile kaplanmaya ihtiyaç duyulur. Ağaç malzeme, harici etkilere karşı belirli sürelerde doğal bir dayanıklılık ve direnç gösterse de, bu olumsuz etkilere karşı uzun süreler dayanamamaktadır. Bu nedenle, ağaç malzeme yüzeyleri farklı boya/vernik materyalleri ile kaplanmaktadır (Ulay, 2018).

Mobilya üretiminde farklı yapıdaki ağaç türleri ve üstyüzey materyalleri kullanılmaktadır. Üstyüzey materyalleri arasındaki yapısal farklılıklar katman özelliklerine de etki etmektedir. Sonuçta hem yapısal hem de katman özelliklerindeki bu farklılaşma vernik sistemlerinin uygulama alanlarını ve uygulama yerlerini belirleyen ya da sınırlayan önemli bir etken haline gelmektedir (Budakçı, 1997).

Literatür bilgileri doğrultusunda bu çalışmanın amacı, farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklık seviyelerinde ısıl işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan değişik yapıdaki verniklerin bazı katman performans özelliklerini belirlemektir. Günümüzde mobilya ve dekorasyon uygulamalarında da sıklıkla tercih edilen Avrupa kayını (*Fagus Sylvatica* L.) ve sarıçam (*Pinus silvestris* L.) odun örnekleri sıcak hava, yağlı işlem ve ThermoWood yöntemleri ile 170 °C, 190 °C ve 210 °C sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulmuştur. Ardından, örneklerin yüzeyleri endüstriyel uygulamalar çerçevesinde su bazlı, poliüretan ve sentetik vernikler ile kaplanmıştır. Uygulanan farklı ısıl işlem koşullarının, verniklerin bazı katman özelliklerine etkisi analiz edilerek meydana gelen farklılıklar belirlenmiş ve endüstriyel uygulamalar ile bilimsel literatüre yönelik öneriler sunulmuştur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. ISIL İŞLEM

2.1.1. Isıl İşlem Hakkında Genel Bilgiler

Isıl işlem, ağaç malzemenin kimyasal bileşenlerinin moleküler yapısını kalıcı olarak değiştiren bir modifikasyon yöntemidir. Bu uygulamadaki temel yaklaşım, kimyasal reaksiyonların hızının arttığı 150 ˚C'nin üzerinde sıcaklık koşullarında ahşap malzemenin ısıya maruz bırakılmasına dayanmaktadır (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009).

Isıl işlem uygulaması, ahşap malzemenin moleküler yapısında değişikliğe yol açtığından performansını artırmaktadır. Isıl işlem uygulamasının sonucunda elde edilen artan özellikler arasında, dış hava koşullarına dayanıklılığın artması, mantar ve böceklere karşı biyolojik dayanıklılık, boyutsal kararlılıktaki artışla birlikte daralma ve genişleme sorunlarının azalması, düşük nem içeriği, artan termal izolasyon kapasitesi, boya yapışma yeteneği, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresindeki uzama bulunmaktadır. Isıl işlem uygulaması ayrıca kompozit malzemelerde liflere ve kaplamalara dayanıklılık, daha yüksek bir boyutsal kararlılık, ürün güvenliğinde iyileşme, uzun ömürlü kullanım, daha yüksek bir fiyat değeri ve güven duygusu gibi özellikler kazandırmaktadır. Ahşap malzemenin yapısındaki tüm bu değişiklikler, insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasallara ihtiyaç duyulmadan gerçekleştirildiği için ısıl işlem, emprenye uygulamasına ekolojik bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Wikberg, 2004; Enjily ve Jones, 2006; Korkut ve Kocaefe, 2009).

2.1.2. Isıl İşlemin Ağaç Malzeme Özellikleri Üzerine Etkisi

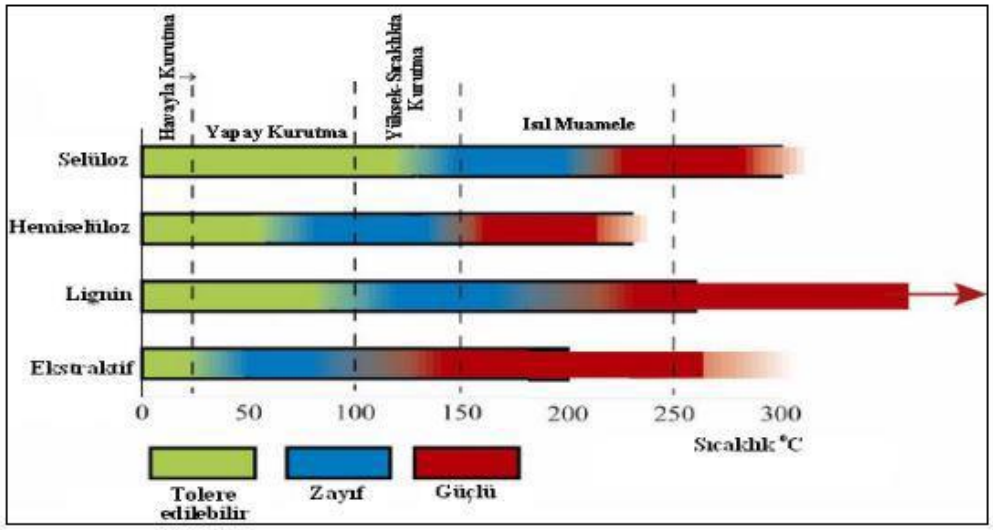
Isıl işlem, ahşap malzemenin kimyasal ve fiziksel özelliklerinde kalıcı değişikliklere yol açan bir yöntemdir. Bu değişiklikler genellikle hemiselülozun termal bozunmasından kaynaklanmaktadır. İstenilen değişiklikler genellikle yaklaşık 150 °C sıcaklıkta başlar ve sıcaklığın artmasıyla birlikte her aşamada devam eder. Bu dönüşümlerin sonucunda ahşap malzemenin rutubet kaynaklı şişme ve daralması azalırken, biyolojik etkilere karşı direnci artar, ahşabın rengi daha koyulaşır ve ekstraktif maddeler dışarı atılır. Aynı zamanda ahşabın nem içeriği azalır, PH seviyesi düşer ve yalıtım özellikleri gelişir.

Bunun yanı sıra ahşabın sertlik ve dayanıklılık özellikleri de değişir (ThermoWood Handbook, 2003; Yalınkılıç, 2013).

2.1.2.1. Isıl İşlemin Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi

Ağaç malzeme, düşük moleküllü bileşiklerden polimerik bileşiklere kadar geniş bir yapıya sahiptir. Isıl işlem uygulaması sırasında, ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik yapısında birçok değişiklik meydana gelir. Bu değişiklikleri anlamak için ağaç malzemenin kimyasal bileşimini, temel karakteristikleri ve fiziksel özellikleriyle oluşturan ana bileşenleri iyi bilmek önemlidir (Yalınkılıç, 2013).

Ahşap malzemeye ısıl işlem uygulanırken, odun polimerleri (selüloz, hemiselüloz, lignin) ve ekstraktif maddeler farklı sıcaklıklarda farklı bileşenlere dönüşerek ayrışır (Aydemir ve Gündüz, 2009). Yüksek sıcaklıklarda, hemiselülozların diğer temel moleküler bileşenlere göre daha fazla bozulduğu kabul edilir. Ancak selüloz ve lignin direncinin belirlenmesi zordur. Genellikle, polisakkaritlerin kaybı özellikle 180 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda başlar. Ancak bu durum, ısıya maruz kalma koşullarına bağlı olarak değişebilir (Poncsak ve ark., 2006). Ağaç malzemenin hücre çeperi ana bileşenleri ve ekstraktif maddelerinde, ısıya maruz kalması durumunda oluşan değişimler Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Ağaç malzeme bileşiklerinde ısıl işlem muamelesi ve kurutmadan dolayı meydana gelen değişimler (Johansson, 2005).

Ahşap malzemenin tam kuru ağırlığının %40-45'ini oluşturan selüloz, uzun ve düz bir polimerdir ve anhidro-D-glikopiranoz halka ünitelerinden oluşan sert zincir yapıya

sahip β (1→4) glikozidik bağlarla birleşmiş kollara ayrılmış moleküldür. Selülozun kristalleşme derecesi %60-70 arasında değişir. Kristalimsi selüloz, su ve kimyasal çekime az miktarda katılır. Bu nedenle kimyasal tepkimeler öncelikli olarak amorf selülozda ve kristalimsi tabakada meydana gelir. Selüloz, yaklaşık %14 oranında orta lamelde, %35 oranında sekonder hücre çeperinin S1 tabakasında ve %60 oranında S2 tabakasında bulunur. Selülozun en önemli özelliği, yüksek polimerizasyon derecesi (DP=5000-10000) ve düz kristalimsi bir yapıya sahip olması nedeniyle odunun dayanıklılığından sorumlu olmasıdır. Kovalent bağlarının birimler arasında ve piranoz halkasında bulunması, çekme gerilmelere karşı oldukça dirençli olmasını sağlar. Selüloz liflerinin çekme direnci, polimerizasyon derecesi 80 ve altındaysa düşük, 300'e kadar doğrusal olarak artar ve bu değerin üzerinde çok az bir artış gösterir (Sjöström, 1993; Yalınkılıç, 2013).

Hemiselülozlar odunun tam kuru ağırlığının %20-30'unu oluştururlar. Farklı basit şeker ünitelerinden oluşan hemiselülozlar amorf yapıya sahip polimerlerdir. Bu hemiselülozlar, heksoz ve pentoz olarak adlandırılan 6 karbonlu ve 5 karbonlu halka şeklindeki şeker ünitelerinden oluşur. Orta lamelde %27, sekonder hücre çeperinin S1 tabakasında %35 ve S2 tabakasında yaklaşık %15 oranında bulunurlar. Hemiselülozlar düz zincir omurga şeklinde ve düşük polimerizasyon derecesine sahip (100-200) kollara ayrılmış yapıdadır. Bu hemiselülozlar, selüloz zincirlerinin amorf bölgelerinde bulunur ve lignin ile sıkı bir bağ oluşturur. Hemiselülozlar, selüloz ve lignin arasında bir bağ görevi görerek hücre çeperinin yoğunluğunu artırır. Ayrıca, hemiselülozlar selüloz mikrofibrillerinin yüzeylerine bağlıdır ve mikrofibriller arasındaki boşlukları doldurma eğilimindedirler. Bu düzenlemeleri nedeniyle, selüloza göre çözücülere ve suya karşı daha hassas bir yapıya sahiptirler (Sjöström, 1993; Yalınkılıç, 2013).

Hemiselülozlar, ısıl işlem sırasında hidroliz reaksiyonlarıyla oligomerlere ve monomerlere depolimerize olurlar. Hemiselülozun bozunması, ısıl işlem süresi ve sıcaklığı tarafından etkilenen iki önemli faktördür. Sıcaklık ve sürenin artmasıyla, yan zincir bileşenleri olan arabinoz ve galaktoz ayrışır ve ardından ana bileşenler olan mannoz, glikoz ve ksilozun bozunması gerçekleşir. Pentoz ve heksozlar, sırasıyla furfural ($C_5H_4O_2$) ve hidroksimetilfurfural ($C_6H_6O_3$) şeklinde dehidre olurlar (Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009).

Lignin, geniş bir varyasyonla üç boyutlu aromatik amorf bir polimer olarak hücre

çeperinin en hidrofobik bileşenidir. Karbonhidratların etrafında ve üzerinde kabuk bağlama birimi olarak bulunur. Odun içindeki lignin miktarı %20-40 arasındadır. Lignin fenolik bir bileşiktir. Lignini bir arada tutan kimyasal bağlar genellikle eter bağları (-C-O-C-) ve karbon-karbon bağlarıdır. Eter bağları, genellikle karbon-karbon bağlarına göre daha kararsız ve hassas olan kimyasallar ve ısıl işlem tarafından daha fazla etkilenirler. Orta lamelde %60 oranında lignin bulunmasına rağmen, sekonder hücre çeperinin S1 ve S2 tabakalarında aynı oranlarda %27-30 oranında lignin vardır. Hücre çeperinin köşelerinde lignin oranı oldukça yüksektir. Lignin, selüloz fibrillerini bir arada tutar ve hücre çeperinde selüloz moleküllerinin sertleştirme birimi olarak görev yapar. Ayrıca, karbonhidratlara su geçişini sınırlar ve bu nedenle odunun hidrojen bağlı yapısı üzerinde suyun etkisi daha az olur (Sjöström, 1993; Yalınkılıç, 2013).

Lignin, kendini yüksek sıcaklıklara karşı koruma yeteneği olan bir bileşiktir. 200 ˚C'nin üzerindeki sıcaklıklarda lignin yoğunluğunda azalma görülür ve β-aril-eter bağları kopmaya başlar. Yüksek sıcaklıkta lignin içindeki metoksi gruplarının sayısı azalır ve bazı düşük yoğunluklu birimler difenilmetan tipi birimlere dönüşür. Difenilmetan tipi yoğunlaşma, 120 ˚C - 220 ˚C aralığında özgün bir reaksiyondur ve lignin özellikleri üzerinde renk, reaktivite ve çözünürlük gibi önemli etkilere sahiptir. Isıl işlem sürecinde lignin hem bozunmaya hem de kondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına tabi tutulur (Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009).

Ağaç malzeme yapısının içinde, ekstraktif maddelerin miktarı %5'ten azdır. Odun ekstraktifleri, farklı ağaç malzeme türlerinde değişen yağlar, vakslar, terpenler ve fenol gibi bileşiklerdir. Bu bileşikler, ağaç malzemenin temel bileşenleri arasında yer almazlar. Isıl işlem uygulandığında, bu ekstraktif maddeler kolaylıkla buharlaşma özelliği kazanır ve ağaç malzemeden ayrılarak havaya karışır (Karakaş, 2008).

2.1.2.2. Isıl İşlemin Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi

Isıl işlem görmüş odunun su adsorpsiyonu özelliği önemli ölçüde azalır. Ağaç malzemenin karbonhidratlarında bulunan veya erişilebilen serbest hidroksil grupları, su adsorpsiyon ve desorpsiyon süreçlerine önemli katkı sağlar. Isıl işlemin sonucunda, serbest hidroksil gruplarına erişilebilirlik açısından belirgin bir azalma meydana gelir. Bağlı suyun varlığı, odunun direnç özelliklerini etkiler. Bağlı su miktarının artması, hücre çeperindeki organik polimerler arasındaki hidrojen bağını azaltır. Ağaç malzemenin stabilitesi, kovalent bağlar ve polimer içi hidrojen bağlarıyla ilgilidir, bu

nedenle bağlı su miktarının artması, ağaç malzemenin stabilite özelliklerinin azalmasına yol açar. Isıl işlem uygulanan ağaç malzemenin daha az higroskopik olması ve maksimum bağlı su miktarının azalması boyutsal kararlılık özelliklerine katkıda bulunur (Hill, 2006; Yalınkılıç, 2013).

Isıl işlemin uygulanması sürecinde odun, kütle ve dolayısıyla yoğunluk açısından belirgin bir şekilde değişir. Isıl işlemin ardından odun yoğunluğundaki azalmaların temel nedenleri, hemiselüloz başta olmak üzere odun bileşenlerinin buharlaşarak uçucu ürünlere dönüşmesi, ekstraktif maddelerin buharlaşması ve odunun daha az higroskopik hale gelerek daha düşük denge rutubet miktarına sahip olmasıdır. Isıl işlem sonrası daha düşük yoğunluk, direnç özelliklerinde bir azalmayı gerektirebilir, ancak bu değerlendirme erken bir sonuçtur. Odunun ana bileşenlerinin bozunması ve kütle kaybı, iç gerilmelerin daha az moleküler materyal üzerine dağılmasına neden olduğu için direnç özelliklerini azaltır. Öte yandan, daha düşük rutubet içeriği direnç açısından olumlu bir etkiye sahip olup, kütle kaybının etkisini azaltır (Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009).

2.1.2.3. Isıl İşlemin Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi

Ağaç malzemenin mekanik özellikleri, yoğun işlem koşullarının uygulandığı 150 - 280 °C aralığındaki yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen ısıl işlem sonucunda azalmaktadır. Isıl işlem süreci sırasında, ağaç malzemenin içinde ve yüzeyinde meydana gelen ayrışmalar ve çatlaklar, malzemenin direncinde önemli sorunlara yol açmakta ve bu durum mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Yüksek sıcaklıklarda formik ve asetik asit oluşumu, hemiselülozdan başlayarak birçok odun bileşeninin bozulmasına ve dolayısıyla kütle kayıplarının ortaya çıkmasına neden olur. Kütle kayıpları, öz kütlenin azalmasına ve buna bağlı olarak mekanik özelliklerin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olur (Korkut ve Kocaefe, 2009).

Odundaki kütle kayıpları, ısıl işlem süresi ve sıcaklığının artmasıyla birlikte artış göstermektedir. Bu durum termal bozunma olarak adlandırılmaktadır ve bu süreçte en çok etkilenen özellikler şok ve eğilme direnci iken, elastikiyet modülü ve kütle kaybı en az etkilenen özelliklerdir. Isıl işlem uygulaması sırasında, reçine kanalları etrafındaki epitelyum hücreleri ve özışınlarındaki paranşim hücrelerinin hasar görmesinin nedeni, mekanik direnç kayıplarına bağlı olduğu düşünülmektedir. Hemiselülozun değişimi veya bozunması, eğilme direncinde azalmalara neden olmaktadır. Eğilme direncinin ısıl

işlem süresi ve sıcaklığı artışı ile daha fazla azaldığı belirlenmiştir (Yıldız, 2002; Can, 2011).

Eğilme direncindeki azalma genellikle 200 ˚C'nin üzerinde başlar ve kayıplar genellikle %35 ila %50 arasındadır. Ancak 100 ˚C ve üzeri sıcaklıklarda %10'a kadar artışlar da gözlemlenebilir. Bu nedenle, ısıyla işlem gören ağaç malzemenin elastikiyet modülünün sıcaklığın bir etkisi olmadığı söylenebilir. Budaklı ağaç malzemede, ısıyla işlem görmüş malzemenin elastikiyet modülü ve eğilme direnci, işlem görmemiş malzemeye kıyasla önemli ölçüde daha düşüktür. Isıyla işlem gören ağaç malzemenin eğilme direncinde %40'tan fazla bir düşüş olduğu görülmüştür. Kusurlu bölgelerde ise bu düşüş daha da belirgindir. Birçok deneyde, ağaç malzemenin termal olarak kısa periyotlarda ve düşük sıcaklıklarda işlem gördüğünde elastikiyet modülünde küçük bir artış (%2 ila %5 arasında) olduğu tespit edilmiştir. Ancak sıcaklık ve işlem süresinin artmasıyla elastikiyet modülünde %20 ila %30 arasında bir düşüş olduğu belirlenmiştir (Gürleyen, 2018).

Hemiselüloz, selüloz ve lignin gibi hücre çeperinin ana bileşenleri, ağaç malzeme direncine farklı koşullarda katkı sağlamaktadır. Selüloz, odun lif direncinden sorumlu olan bileşiktir çünkü yüksek polimerizasyon derecesine (5000-10000 anhidrid glukoz birimi sayısı) sahiptir ve mikrofibril içindeki selüloz uzun zincir moleküllerinin paralel olarak düzenlendiği kristalimsi yapısı vardır. Isıl işlem, selüloz polimerinin ayrıştırılmasıyla amorf selülozun çok az da olsa bozunmasına ve bazı direnç özelliklerinin azalmasına neden olmaktadır (Korkut ve Kocaefe, 2009).

Isıl işlemin lignin üzerindeki etkisinin ağaç malzemenin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi kesin olarak bilinmemektedir. Lignin, selüloz mikrofibril/fibrillerinin rijidite çubuğu olarak işlev görerek liflerin dik hareketlerini kısıtlayan veya engelleyen artan çapraz bağlanmayı içerir. Lignin polimer ağının artan çapraz bağlanması, orta lamelin direncini artırır ve bu da hücre çeperinin direnç özelliklerini etkiler. Bu nedenle, lignin polimer ağının doğrudan ağaç malzemenin direnç özelliklerini etkilediği söylenebilir (Korkut ve Kocaefe, 2009).

2.1.2.4. Renk Üzerine Isıl İşlemin Etkisi

Ağaç malzemede ısıl işlem uygulaması sırasında, oksidatif ve hidrolitik (hidrolizle ilişkili) reaksiyonlardan kaynaklanan renk değişimleri gerçekleşerek ağaç malzemenin renginin koyulaşmasına yol açar. Bu renk değişimi yapraklı ağaçlarda olumlu bir

şekilde değerlendirilebilir. Renk değişimi, ısıl işlem uygulanmış yapraklı ağaçlara, ısıl işlem uygulanmamış olanlara göre daha fazla ilgi gösterilmesini sağlar. Renk faktörünün ayrıca ısıl işlem uygulamasının kalitesini belirlemede önemli bir yeri bulunmaktadır (Johansson, 2005; Gürleyen, 2018).

Kahve renk, ısıl işlem uygulanan ağaç malzemenin kullanımını kısıtlayabilir veya teşvik edebilir. Isıl işlem uygulamasının ardından, tipik odun dokusu gözle fark edilebilir hatta belirgin hale gelebilir. Literatürde ısıl işlem uygulaması sürecinde ağaçdaki renk değişmelerinin kimyasal nedenleri tam olarak açıklanamamıştır. Yapılan çalışmalarda renk değişimlerinin temel nedenleri olarak lignin, hemiselüloz ve bazı ekstraktif maddelerin bozunmasının gösteridiği belirtilmektedir. Ahşabın renk koyuluğu, ısıl işlem uygulamasındaki sıcaklık ve sürenin artmasıyla birlikte artış göstermektedir. (Nuopponen, 2005; Korkut ve Kocaefe, 2009).

2.1.2.5. Üstyüzey İşlemi ve Boyanma Kabiliyeti Üzerine Isıl İşlemin Etkisi

Boya vernik katmanları için büyük bir problem teşkil eden reçine, ısıl işlem uygulaması sonucu keresteden uzaklaşmaktadır ve budaktan boya/vernik katmanlarına reçine sızması azalmaktadır. Bu nedenle, üstyüzey işlemlerinden önce budaklara herhangi bir işlem uygulamaya gerek yoktur. Isıl işlemli kerestelerde yağ bazlı boya/vernikler ile doğal malzemelerdeki gibi çalışılabilir. Su bazlı boya/vernikler ile çalışılacaksa; ısıl işlem uygulanmış kerestelerin ısıl işlem uygulanmamış kerestelere göre daha az su absorbe etme özelliği göz önünde bulundurulmalıdır. Isıl işlemli keresteler, su bazlı sistemlerin yavaş kurumalarından dolayı malzemeye daha nüfuz etmelerinden dolayı bu sistemler için daha uygun malzemeler olmaktadır. UV sistemlerde de ısıl işlemli odun iyi sonuçlar vermektedir. Isıl işlemli odunlara üstyüzey işlemleri uygulamalarında malzemenin sıcaklık, nem oranı ve yüzey temizliği gibi faktörlerine dikkat etmek gerekmektedir. Estetik amaçlar ve yaşlanma etkilerine karşı ısıl işlemli keresteler boyanabilir veya verniklenebilir (Gürleyen, 2018).

Isıl işlemli kereste boya/vernik sistemlerinin penetrasyon ve adezyonunu etkilemektedir. Su bazlı sistemlerinin katmanlarının sertleşmesinde (kurumasında) daha uzun süreye ihtiyaç duyulur. Isıl işlemli odun daha az higroskobik özellikte olduğu için bu sistemlerde kalın bir film tabakası oluşturmak yerine, oluşturulmak istenen katman kalınlığının birden fazla kez uygulama yaparak (örneğin 80 μm'lik bir kuru film tabakası yerine 40 μm'lik iki kuru film tabakası) elde edilmesi önerilmektedir. Boyama

sistemine katkı maddelerinin eklenmesi ile ihtiyaç duyulan yüzey gerilimi elde edilebilir. Isıl işlemli odun organik çözücülü boya/vernik sistemleri (örneğin alkid sistemler) ile genel amaçlı boya ve vernikler (renklendiri ve yağlı boyalar gibi) ile boyanıp verniklenebilir. Şeffaf boya ve vernikler, yaşlanma etkilerinin koruyucu katmanının malzemeyle olan adezyonunu azaltma riski olduğu için önerilmemektedir. Eğer şeffaf koruyucu tabakalar kullanılacaksa, boya veya verniğin UV emici özelliklere sahip olması ve mavi renklenmeyi önleyecek kimyasal maddeler (biyositler) içermesi gerekmektedir. Isıl işlem görmüş odun için en uygun koruyucu tabakalar, solvent bazlı alkid boyalar, yağ bazlı astar boyalar veya su bazlı akrilik son kat boyalar/verniklerdir. Asit kürlenmeli ve su bazlı akrilik boyalar, ısıl işlem görmüş odun için en yüksek kaliteye sahiptir ve bu ürünlerle kaplanan malzemelerde tabakanın pul pul dökülmesi gözlenmez (Korkut ve Kocaefe, 2009; Gürleyen, 2018).

2.2. ISIL İŞLEM YÖNTEMLERİ

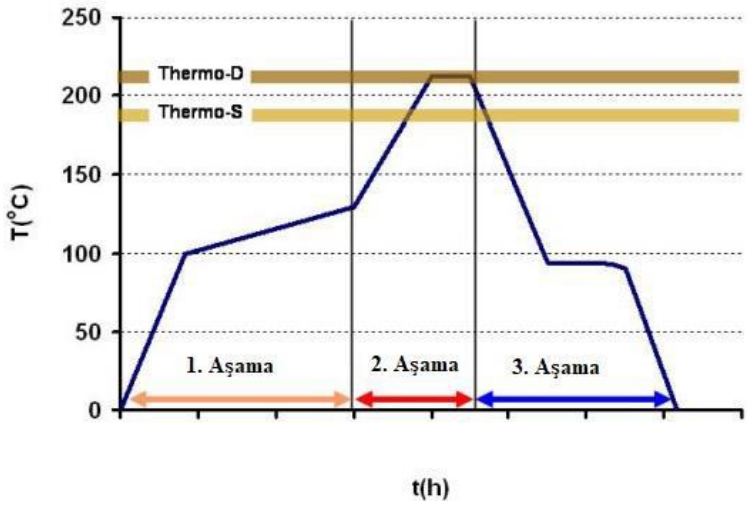
Isıl işlem çalışmaları, bilim insanları Stamm ve Hansen tarafından Almanya'da 1930'lu yıllarda, White tarafından ABD'de 1940'lı yıllarda yapılmıştır. 1950'ler de ise; Germans Bavendam, Runkel ve Buro konuyla ilgili araştırmaları devam ettirmiştir. Bu süreçte (Staybwood süreci) araştırmalar, ağaç malzemenin higroskopik özellikleriyle ilgili olmuş ve odunda genişlemeler ve daralmalar olduğu tespit edilmiştir. Kollman ve Schneider, çalışma bulgularını 1960'larda, Rusche ve Burmester de 1970'lerde yayınlamışlardır. Bu süreçte (Feuchte Wärme Druck) odunun mantara karşı direnci, içine su alma, su emme özellikleri araştırılmış ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. 1990'lı yıllarda Finlandiya, Fransa ve Hollanda'da araştırma çalışmaları yapmıştır. Fransa'da, "Torrefaction" ve "Retification" olarak adlandırılan iki farklı ısıl işlem yöntemi geliştirilmiştir ve bu yöntemlerde ısıtma işlemi azot gazıyla gerçekleştirilmektedir. Hollanda'da ise "Plato Wood" uygulaması geliştirilmiştir. En yoğun ve detaylı araştırmalar Finlandiya'da VTT (Finlandiya Devlet Teknik Araştırma Merkezi) tarafından yapılmıştır ve Thermowood olarak adlandırılan ısıl işlem metodu geliştirilmiştir (Rapp, 2001; Gürleyen, 2018). Isıl işlem metotlarının karakteristikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir (Aytin, 2013).

Çizelge 2.1. Isıl işlem yöntemlerinin temel karakteristiği.

Isıl İşlem Metotları	Ortam	Rutubet Durumu	Sıcaklık (°C)	Uygulama	Ülke
ThermoWood	Buhar	Taze veya Hava kurusu ağaç malzeme	150-240	1.Sıcaklığın arttırılması ve yüksek sıcaklıkta kurutma 2.Isıl işlem 3.Soğutma ve kondisyonlama	Finlandiya
PlatoWood	Hava ve Buhar	Taze veya hava kurusu ahşap malzeme	170-190	1.Ön kurutma 2.Hidrotermoliz 3.Kurutma 4.Isıl işlem 5.Denkleştirme ve soğutma	Hollanda
Oil Heat Treatment	Sıcak yağ	Hava kurusu veya yaklaşık %6	180-220	1.Isıtma ve kurutma 2.Isıl işlem 3.Soğutma	Almanya
Retification	N2	Hava kurusu ahşap malzeme	200-240	1 aşama	Fransa
Bois Perdure	Buhar	Taze ahşap malzeme	200-240	1 aşama	Fransa

2.2.1. ThermoWood

ThermoWood, Finlandiya'da VTT (Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus) adlı kuruluş tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Finlandiya ThermoWood Derneği üyeleri tarafından lisanslı olarak kullanılan bir uygulamadır. Bu uygulamada, ahşaplara 180-250 ˚C arasında değişen yüksek sıcaklıklarda mümkün olduğunca havasız bir ortamda buharın etkisinde ısı verilmektedir (Militz, 2002; Rapp and Sailer, 2001; Perçin, 2012). Bu yöntem üç aşamada gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.2. ThermoWood yönteminin aşamaları (Mayes ve Oksanen, 2002).

1. Aşama: Yüksek sıcaklıkta kurutma periyodu

Isıl işlem uygulamasının en uzun süren aşamasıdır ve aynı zamanda yüksek sıcaklıkta kurutma olarak da bilinir. Kuruma periyodunun başladığında ağaç malzeme yaş yada kuru olabilir. Kurutma işleminde başarılı bir sonuç elde edilmesi için, iç çatlamaların olmaması büyük bir öneme sahiptir. Su buharı ortamında yüksek sıcaklıkta kurutma işlemi için, ahşabın sıcaklığı önce hızla 100 ˚C'ye çıkarılır, ardından kademeli olarak 130 ˚C'ye kadar yükseltilir. Ahşapta oluşabilecek çatlakları engellemek ve koruyucu önlem almak amacıyla ortama su buharı uygulanır (Aydemir, 2007; Mayes ve Oksanen, 2002; Perçin, 2012).

2.Aşama: Thermo Wood periyodu

Bu aşamada yoğun ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Fırın içersindeki sıcaklık, ağaç malzemenin kullamım amacına bağlı olarak 185˚C ile 230˚C arasında artırılabilir. Belirlenen hedef sıcaklığa erişildiğinde, fırın sıcaklığı bu noktada sabitlenir. Bu aşama genellikle ortalama olarak 2 ila 3 saat arasında sürer. Ahşabın yanmasını önlemek için gaz veya su buharı, hem ahşabın korunmasında etkili olmakta hem de ahşapta meydana gelen kimyasal değişime katkıda bulunmaktadır (Aydemir, 2007; Mayes ve Oksanen, 2002; Perçin, 2012).

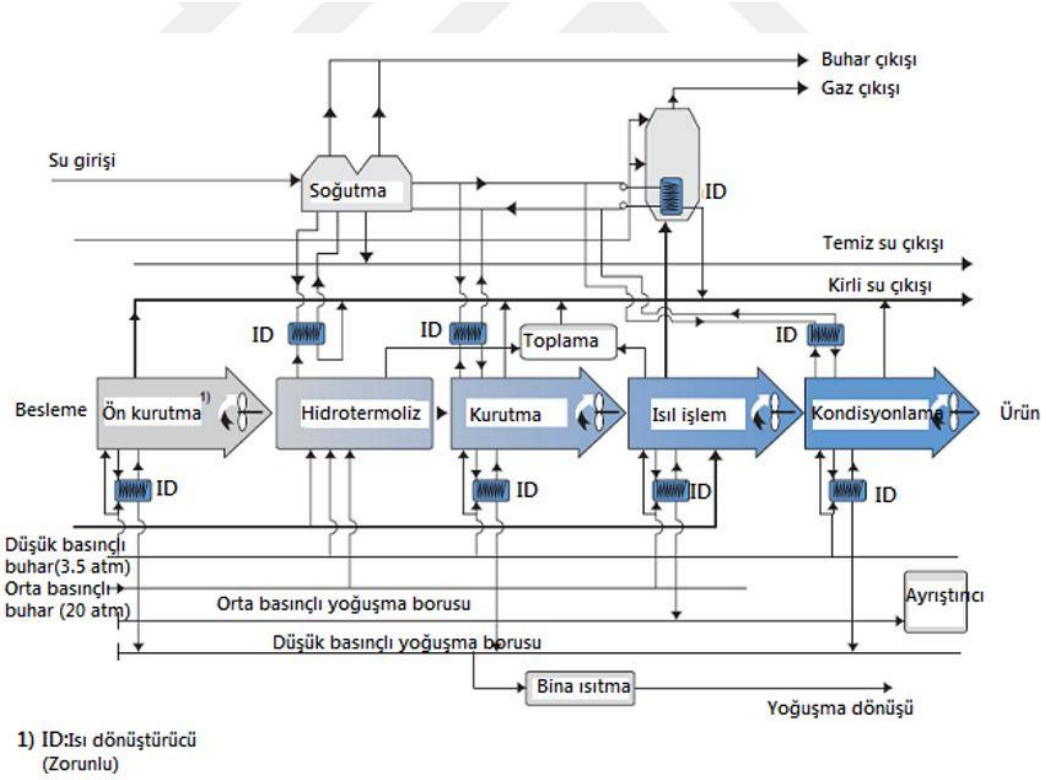
3.Aşama: Soğutma ve kondisyonlama periyodu

Son aşamada ahşabın sıcaklığı buhar veya su spreyi ile 50˚C - 60˚C’ye<düşürülür. Ahşabın nem oranı, yeniden nemlendirme ve kondisyonlama işlemiyle yaklaşık olarak %4 - %5 aralığına getirilir. Sıcaklığın artması veya azalmasıyla, dış ve iç yüzeylerde oluşacak çatlamaları engellemek ve kontrol altında tutmak için özel bir yöntem kullanılır. Yöntem değerleri ağaç çeşitleri ve ölçülerine (kalınlık, genişlik) göre belirlenir. Yeni kesilmiş (yaş) veya fırın kurusu ağaç malzeme, hammadde olarak kullanılabilir. Eğer yeni kesilmiş ağaç malzeme ile işleme başlanırsa, yüksek sıcaklıkta kurutma yöntemiyle kurutulması mümkündür. Kondisyonlama işlemi, uygulama sıcaklığı ve ağaç malzemesine bağlı olarak 2-5 saat arasındaki bir sürede gerçekleştirilebilir (Aydemir, 2007; Mayes ve Oksanen, 2002; Perçin, 2012).

2.2.2. PlatoWood Yöntemi

Hollanda'da PlatoWood olarak adlandırılan bir termal modifikasyon yöntemi, buhar ve sıcak hava kullanarak gerçekleştirilmektedir. PlatoWood yöntemi taze kesilmiş ağaç

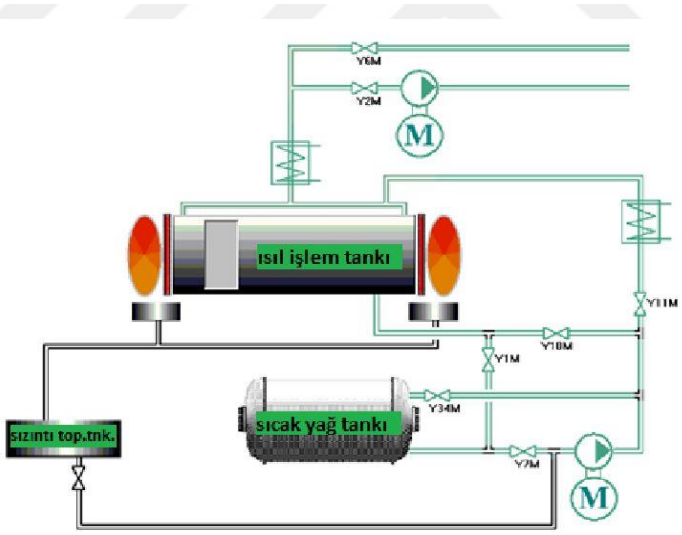
malzeme için beş aşamada, hava kurusu ağaç malzeme için dört aşamada uygulanır. Hava kurusu ağaç malzeme kullanıldığında, hidrotermoliz işlemi birinci aşamada uygulanır. Hidrotermoliz işleminde ahşap malzeme sulu bir ortamda ve yüksek hava basıncı altında 150 ˚C - 180 ˚C sıcaklıkta uygulanır. İkinci aşamada, ağaç malzeme klasik kurutma yöntemiyle 3 - 5 günlük bir süre boyunca işlenir ve rutubeti %8 - %10 seviyesine indirilir. Üçüncü aşamada, ağaç malzeme yaklaşık 16 saat boyunca 150 ˚C - 190 ˚C sıcaklıklarda ısıtılarak işlenir ve malzemenin rutubeti %1'e kadar azaltılır. Son aşamada, ağaç malzeme 2 - 3 gün boyunca denkleştirme işlemine tabi tutulur. Denkleştirme işlemi sonrasında malzemenin rutubet içeriği %4 - %6 seviyesine ulaşır. Taze haldeki ahşap malzemesine PlatoWood yöntemi ile ısıl işlem uygulanacak ise, hidrotermoliz işleminden önce malzeme klasik kurutma yöntemiyle ön kuruma işlemi uygulanır. Termoliz işlemi için gereken adımlar 4 ila 5 saat sürebilirken, kurutma işlemi 3 ila 5 gün boyunca gerçekleştirilir. İyileştirme aşaması yaklaşık 14 ila 16 saat sürerken, kondisyonlama aşaması ise 2 ila 3 gün sürebilir (Aytin, 2013). PlatoWood yönteminin işlem safhaları Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. PlatoWood yöntemi işlem safhaları (Aytin, 2013).

2.2.3. Sıcak Yağ Yöntemi (Oil Heat Treatment - OHT)

180˚C ile 260˚C arasında, düşük oksijen ortamında birçok ısıl işlem yöntemi uygulanmaktadır. Birçok doğal yağ ve reçine, odunun ısıl işlem uygulanması için gereken sıcaklıktan daha yüksek bir kaynama noktasına sahiptir. Bu durum, odunun sıcak yağ içinde ısıtılma fikrini ortaya çıkarmıştır. Bu yöntemde ısıl işlem 3 aşamada uygulanmaktadır. Isıtma ve kurutma aşamasından oluşan birinci aşama, sıcaklığın 60˚C'den 160-200˚C'ye kadar yükseldiği bir süreci içermektedir. Asıl ısıl işlem basamağı, ikinci aşamada ahşabın kalınlığının orta noktasının en yüksek sıcaklığa ulaştığı aşamada gerçekleştirilmektedir. Soğutma işlemi üçüncü aşamada gerçekleştirilmektedir. Isıl işlem, ahşabın yerleştirildiği kapalı bir tankta gerçekleştirilir. Ahşap tanka yerleştirildikten sonra, sıcak yağ stok tankından pompalanır ve bu yağ ahşabın etrafında yüksek sıcaklıkta dolaşarak ısı sirkülasyonu sağlar. Kullanılan yağ bezir yağı, ayçiçek yağı veya kolza tohumu yağı, olabilir. Odundan oksijenin ayrılmasını ve etkili bir ısı transferini sağlamak için yağ kullanılır. Odunun dayanımı, ağaç türüne ve uygulanan sıcaklığa bağlıdır (Rapp ve Sailer, 2001; Perçin 2012).



Şekil 2.4. Yağlı ısıl işlemin yönteminin şematik olarak gösterilmesi (Rapp ve Sailer, 2001).

2.2.4. Retification ve Le Bois Perdure Yöntemi

Fransa'daki Saint-Etienne tarafından geliştirilen ve New Option Wood Şirketi tarafından patentlenen bir yöntemdir. Ağaç malzeme öncelikle nem oranı %12'ye kadar kurutulmakta, ardından %2'nin altında oksijen içeren nitrojen gazıyla (inert gaz) çevrelenmiş atmosfer şartlarında ısıl işlem uygulanmaktadır. Ağaç malzeme, 210-240°C

sıcaklık aralığında yapılan ısıl işlemle işlenmektedir. Bu sıcaklık aralığında ağacın dayanıklılığı artarken, direnç özelliklerinde ise azalma gözlenmektedir (Rapp, 2001).

2.3. AĞAÇ MALZEME

2.3.1. Avrupa Kayını (*Fagus Sylvatica* L.)

Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.), Avrupa'daki en önemli ve yaygın geniş yapraklı ağaçlardan biridir. Geç olgunluğa kadar yüksek büyüme oranını koruyabilen, yaprak döken büyük bir ağaçtır. Doğal menzili güney İskandinavya'dan Sicilya'ya, batıda İspanya'dan doğuda kuzeybatı Türkiye'ye kadar uzanır. Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.), yaygın olarak 30-40 m'ye kadar boylanabilen, yaprak döken büyük bir ağaçtır. Ağaç genellikle gümüş-gri kabuğu ile tek gövdelidir. Yaklaşık 250 bilinen kullanımı ile Avrupa'da en çok kullanılan ağaç türlerinden biridir. Aşınma direnci, sağlamlığı ve mükemmel bükülme yetenekleri onu tekne yapımı, döşeme, merdiven, mobilya, müzik aletleri (piyano blokları), kontrplak, paneller, kaplama ve kâseler, tabaklar ve tahta kaşıklar gibi pişirme gereçleri için ideal kılar (Houston ve ark., 2016).

2.3.2. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)

Sarıçam, mevcut çam türleri arasında en yaygın coğrafi dağılıma sahip olan bir türdür. Avrupa ve Asya'da oldukça geniş bir alanda, yaklaşık 3700 km genişliğinde ve 14700 km uzunluğunda bulunur. Boyu genellikle 20-40 m arasında değişir ve ülkemizde saf veya karışık şekilde bir milyon hektardan fazla bir alanda yayılmıştır. Kuzey Doğu Anadolu, Ardahan, Oltu, Posof ve Sarıkamış gibi bölgelerde genellikle saf olarak görülürken, Yanlızçam Dağları'nda veya Ladin ve Göknar gibi diğer ağaç türleriyle karışık şekilde geniş ormanlar oluşturur. Sarıçam, Karadeniz Bölgesi'nde Of, Sürmene, Artvin, Rize, Gümüşhane, Giresun, Amasya, Sinop ve Abant çevresinde geniş bir alanda bulunmakta olup, Türkiye'nin toplam orman alanının %5,5'ini oluşturmaktadır (Yaltırık ve Efe, 1994).

Çatlama ve çalışma durumu söz konusu olduğundan kurutulma işleminin dikkatli yapılması gerekmektedir. İşlenebilme özelliği yüksek olup kesilebilir, soyulabilir ve tornalama işlemi yapılabilir. Boyandığında çok iyi sonuç vermemektedir ancak iyi renklendirme yapılabilir ve iyi cilalanabilir. Böcek ve mantarlardan kolay etkilenmekte çabuk ardaklanabilmektedir. Kullanım alanı oldukça geniştir. Masif mobilya,

bükülebilir mobilya, alet sapları, spor aletleri, kaplama levha, yonga levha, lif levha tornacılıkta, kontrplak, parke, fıçı sanayiinde, karoser yapımı ve kağıt odunu olarak emprenye işlemi uygulandığında travers yapımında kullanılır (Erdin ve Bozkurt, 2013).

2.4. VERNİKLER

2.4.1. Su Bazlı Vernik

Ağaç işleri endüstrisinde kullanılan birçok solvent içerikli koruyucunun çevreye ve insan sağlığına olan zararları nedeniyle kullanım alanlarının kısıtlanması hatta tamamen kaldırılması konusunda çalışmalara hız verilmiştir (Sönmez, 2005). Bu sürece katkıda bulunan hukuki çalışmalar, vernik üretiminde su bazlı polimerlerin tercih edilmesini hızlandırmıştır. Su bazlı boyalar uzun zamandır bilinmekte ve kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe, akrilik emülsiyon polimerleri veya akrilik lateks boyalar ahşap ve metal malzemelerle uyumlu olacağı düşüncesiyle kullanılmaktadır. Ancak, su bazlı sistemlerin ahşap ve metal sektörlerinde kullanımı başlangıçta zorluklarla karşılaşmıştır. Bu zorluklar arasında su bazlı sistemlerin ahşap yüzeylerde lif ve doku kabarmasına neden olması, bakım ve onarım gerektiren şartların zorluğu ve mobilya imalatçılarının cila hatlarında bulunan metal aksamın su buharı etkisiyle paslanma riski gibi endişeler yer almaktadır (Sönmez ve Budakçı, 2004).

Vernik üreticileri, kullanıcıları ve çevre koruyucuları arasında Avrupa'da, 1979 yılında su bazlı sistemlere geçilmesi gerektiği konusunda mutabakata varılmıştır. Ağaç işleri sektöründe kullanılabilecek özelliklere sahip olan su bazlı akrilik kopolimerler, suyla çözünebilen reçinelerin önemli bir örneğidir (Sönmez ve Budakçı, 2004). Şu anda ülkemizde ticari olarak yaygın olmasa da gelecek yıllarda kullanımının büyük ölçüde yaygınlaşacağı söylenebilir. Örneğin, Almanya'da 1990'lı yılların başından itibaren çıkarılan yasalar ve getirilen kısıtlamalar sonrasında çevre dostu ürünlerin kullanımında hızlı bir artış gözlenmiştir. 1990-1994 yılları arasında solvent bazlı boyaların tüketimi %40'tan %31'e düşmüştür (Yalınkılıç, 2013).

Su bazlı sistemlerde kullanılan reçinelerde hidroksil *(-OH)* ve karboksil *(COOH)* fonksiyonel grupları bulunur. Katman işlemleri için, akrilik, poliüretan, polyester ve bazı alkid reçineleri, tek başlarına veya modifikasyon amacıyla bir arada kullanılabilir. Su bazlı vernikler, düz ve düşük kaliteli işlerde fırça, rulo, cila bezleri, sünger vb. ile manuel olarak uygulanabilir. Yüksek yüzey kalitesi gerektiren seri üretim işlerinde ise

püskürtme tabancası, merdaneli vernik sürme makinesi ve lak dökme makinesi kullanılır (Sönmez ve Budakçı, 2004).

2.4.2. Sentetik Vernikler

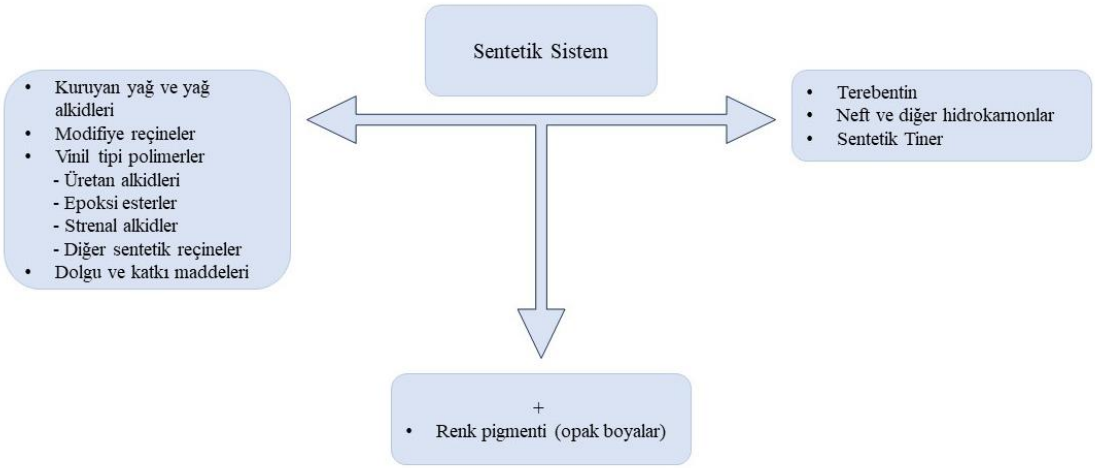
Boya ve vernik endüstrisinin tarihçesi boyunca, doğal reçinelerin kuruma, kaplama ve uygulama özellikleri yetersiz kaldığında, ilk sentetik reçine örneklerinin üretiminde doğal reçinelerden yararlanılmıştır. Laboratuvar imkanlarının gelişmesiyle birlikte, yapay reçineler ve bunlarla üretilen üst yüzey malzemeleri hızla çeşitlendirilmiştir. Saf sentetik (yapay) reçinelerden elde edilen boya ve vernikler öncelikle plastik sanayi, otomotiv endüstrisi ve laminasyon uygulamaları için geliştirilmiştir. Sentetik reçinelerle hazırlanan bu boya ve verniklerin ilerlemiş kaplama özellikleri ve kısa kuruma süreleri, kullanım alanlarının genişlemesinde etkili olmuştur (Sönmez ve Budakçı, 2004).

Bugün üretilen boya ve verniklerin neredeyse tamamında sentetik reçineler katman oluşturucu olarak kullanıldığı için sentetik sistem kategorisine girerler. Ancak ülkemizde, sentetik sistem terimi inşaat sektöründe kullanılan bir tanımlama olarak bilinir ve uygulama alanı bulur. Bina iç ve dış cephe boyaları, sıva ve diğer birçok inşaat malzemesinde sentetik reçineler bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Aynı şekilde mobilya yüzeyleri, açık hava koşullarına maruz kalan ahşap malzemeler ve deniz araçlarının korunması için kullanılan boya ve vernikler de sentetik sistem kapsamına girer (Sönmez ve Budakçı, 2004).

Sentetik sistemde kullanılan boya ve verniklerin temel özelliği, kuruyan yağ veya yağ alkidinin (yağ asidi + alkol = yağ esteri) bileşiminde yer almasıdır. Eskiden boya ve vernik üretiminde yaygın olarak kullanılan kuruyan yağlar günümüzde genellikle yağ alkidlerine yerini bırakmıştır. Sentetik boya ve vernik üretiminde, tamamlanmış vinil tipi polimerler (PVA, PVAC, vb.), üretan alkidler, epoksi esterleri ve strenal alkidler de kullanılmaktadır. Bu sentetik reçineler sadece modifikasyon amacıyla değil, bazı durumlarda ana bağlayıcı olarak da kullanılmaktadır. Sentetik sistem geliştikçe, polivinil asetat, polivinilklorür asetat ve vinil klorür gibi reçineler ana bağlayıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Günümüzde ise epoksi, akrilik, üretan gibi reçineler sayesinde ürün çeşitliliği artmış ve farklı amaçlar için kullanılan verniklerin üretimi kolaylaşmıştır. Bu reçinelerden herhangi birinin ana bağlayıcı olarak kullanılması ve diğerlerinin modifikasyon unsuru olarak yer değiştirmesi, ürünlerdeki çeşitliliği artırmıştır (Sönmez ve Budakçı, 2004; Sönmez, 2005).

Sentetik boya ve vernik üretiminde kullanılan reçineler, genellikle termoplastik özelliklere sahiptir. Bununla birlikte, bazı termoset yapılı alkidlerle modifiye edilebilirler. Örneğin, fenolalkid olarak bilinen önemli bir kompozit reçine, termoset yapılı alkid reçine ile modifiye edilmiştir. Ayrıca, bazı vinil tipi termoplastik modifiye reçineler vernik üretiminde tercih edilmektedir çünkü renksiz ve şeffaf olmaları avantaj sağlar (Sönmez ve Budakçı, 2004).

Sentetik sistemde terebentin gibi çözücülerin yanında neft ve diğer hidrokarbonlarda çok sıklıkla kullanılmıştır. Buna göre sentetik sisteme ait boya/verniklerin esas bileşenleri ve genel yapı şeması Şekil 2.6'daki gibi oluşturulabilir.



Şekil 2.5. Sentetik sisteminin yapım şeması (Sönmez ve Budakçı, 2004).

Bu doğrultuda, sentetik vernik terimi, "Yapay reçinelerin modifiye edilmiş kuruyan yağlar ve alkidlerle terebentin, petrol ve hidrokarbon bazlı sıvılarda çözündürüldüğü bir çözelti" olarak tanımlanabilir. Sentetik boyalar ise (opak olanlar), bu sistemde pigmentlerle karıştırılmış şeklidir (Sönmez ve Budakçı, 2004).

2.4.3. Poliüretan Vernikler

Son zamanlarda, poliüretan (PU) tabanlı vernikler ağaç işleri imalatı ve ilgili alt sektörlerde en yaygın olarak tercih edilen vernik sistemidir. 1950'li yıllarından sonra bilimsel çalışmalar sayesinde sürekli gelişme göstermiştir (Sönmez ve Budakçı, 2004; Budakçı, 2003). Polimer kimya biliminin sürekli araştırdığı poliüretanlar endüstride hemen hemen bütün sektörlerde yerini almıştır. Daha sonra gelişmiş olan sistemlerin birçoğu (akrilik gibi) Poliüretanların alternatifi olarak tercih edilmiştir (Sönmez ve

Budakçı, 2004).

Ağaç işleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan iki kompenentli PU vernikler, iki bileşenli bir verniktir. İlk bileşeni tepkime yeteneğine sahip olan PU reçinesinin nitrolu sıvılardaki çözeltisi, ikinci bileşeni ise sertleştirici olarak kullanılan isosiyanattır. İki bileşenli PU verniklerin kuruması, kurumanın ilk aşamalarında çözücünün buharlaşması ve aynı zamanda polimerizasyon reaksiyonunun devam etmesiyle gerçekleşir. Polimerizasyonun yavaş gelişmesi nedeniyle tam kuruma süreci 2-3 haftada tamamlanmaktadır (Sönmez ve Budakçı, 2004).

Yukarıda belirtilen özellikler dikkate alındığında, PU vernik çeşitleri ağaç malzemenin çalışmasına düzen sağlamakla birlikte mekanik etkilere karşı da dayanıklılık gösterir. Ahşapta çatlama oluşmaz çünkü moleküler arasındaki çekim kuvveti yüksektir ve vernik oluşumu tamamlandığında adezyon özelliği artar. Suya karşı direnç göstermesine rağmen devamlı su ile temas halinde olan yerlerde, ağaç malzeme yüzeylerinin tamamının vernikle kaplanarak ağaç malzemeye su ve nem girişinin önlenmesi gerekir (Sönmez ve Budakçı, 2004).

PU vernikler; mekanik etkilere, kimyasallara, ışık, ısı ve suya karşı direnç gerektiren ahşap yüzeylerde kullanılır. PU vernik her tür ağaç malzemenin yüzeyinde kullanılabilir. Parlaklık gerektiren alanlarda, 2-3 hafta kuruduktan sonra PU vernikli yüzeylere özel yüzey parlatma sistemleri ve pasta poliş uygulanabilir (Sönmez ve Budakçı, 2004).

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Kestane (*Castanea sativa* M.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ağaçlarından elde edilen deney örneklerinin verniklenebilme özelliklerine ağaç malzemeye uygulanan ısıl işlemin etkisini araştıran çalışmada, örnekler 100 °C, 150 °C ve 200 °C sıcaklıklarında 2, 4 ve 6 saat süreyle ısıl işleme tabi tutulmuş ve ardından su bazlı vernikler uygulanmıştır. Isıl işlemsiz örneklerin sertlik direncinin ısıl işleme tabi tutulan örneklerden daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, ısıl işlemsiz örneklerin yapışma direncinin ısıl işlemli örneklerden daha iyi olduğu ve ısıl işlemli örneklerin parlaklık değerlerinin azaldığı belirtilmiştir (Gezer, 2009).

Isıl işlemli ağaç malzemede vernik yapışma direnci, sertlik ve parlaklık özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Kestane (*Castanea sativa* M.) odunu örnekleri farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işleme tabi tutulmuş ve ardından su bazlı verniklerle kaplanmıştır. Sarıçam ve Kestane için vernik yapışma direnci, sertlik ve parlaklık değerlerinin 100, 150 ve 200 °C sıcaklıkta ve 2 saatlik ısıl işlem sonrasında iyi sonuçlar verdiği, ancak 100, 150 ve 200 °C sıcaklıkta ve 4 ve 6 saatlik ısıl işleme tabi tutulan her iki ağaç türünde ise bu özelliklerin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir (Özalp ve ark., 2009).

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Kestane (*Castanea sativa* M.) ve Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ağaçlarından elde edilen ısıl işleme tabi tutulmuş ve su bazlı vernik ile kaplanmış örneklerin sertlik, parlaklık ve yapışma direnci özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, ağaç malzemeler 100, 125 ve 150 °C sıcaklıkta 2, 4 ve 6 saat süreyle ısıl işlem görmüş ve ardından su bazlı vernik ile kaplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, tüm örneklerin yapışma direnci ve parlaklık değerlerinde iyileşmeler gözlenirken, 100 °C'de 4 ve 6 saat, 125 °C ve 150 °C'de 2, 4 ve 6 saat süreyle ısıl işleme tabi tutulan örneklerde olumsuzluklar tespit edilmiştir. Ayrıca, 100 °C, 125 °C ve 150 °C'de 2, 4 ve 6 saat süreyle ısıl işleme tabi tutulan tüm örneklerin sertlik değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Kazan, 2009).

Farklı ağaç malzemesi yüzeylerine uygulanan çeşitli vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada, Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), göknar (*Abies bornmülleriana* Mattf), meşe (*Quercus petraea* L.) ve Doğu kayını

(*Fagus orientalis* L.) örnekleri farklı kalınlıklarda selülozik, poliüretan, akrilik ve su bazlı verniklerle kaplanmıştır. Araştırmada, iğne yapraklı ağaç malzemelerin yapışma direncinin yapraklı ağaçlardan daha düşük olduğu, ağaç türü açısından en yüksek yapışma direncinin kayında, en düşük ise göknarda tespit edildiği belirtilmiştir (Budakçı ve Sönmez, 2010).

Isıl işlemli ağaç malzemelerde vernik katman özelliklerinin incelendiği çalışmada, dişbudak, Anadolu kestanesi, limba ve iroko odun türleri, normal atmosfer koşullarında 150 ºC ve 180 ºC sıcaklıkta 3 ve 6 saat süreyle ısıl işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra bu örnekler selülozik vernik, sentetik vernik, poliüretan vernik ve su bazlı verniklerle kaplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, ısıl işlem uygulanan ahşap malzemelerde selülozik ve sentetik verniklerde yüzey pürüzlülüğünün arttığı, poliüretan ve su bazlı verniklerde ise azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, tüm örneklerde parlaklık düzeyinin azaldığı belirtilmiştir (Güler, 2010).

Limba (*Terminalia superba*), Anadolu kestanesi (*Castenea sativa* Mill.), Dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ve İroko (*Chlorophora excelsa*) türlerinin sertlik, çizilme direnci ve parlaklığı üzerinde farklı ısıl işlem ve vernik uygulama kombinasyonlarının etkilerinin araştırıldığı çalışmada; deney örneklerine 150 °C ve 180 °C sıcaklıklarda 3 ve 6 saat süre ile ısıl işlem uygulanmıştır. Ardından selülozik, sentetik, poliüretan ve su bazlı vernikler uygulanarak vernik film tabakalarının sertlik, çizilme direnci ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, ısıl işlem uygulanan, selülozik ve sentetik vernikli ahşap malzemelerde parlaklık artmıştır, ancak parlaklık değerlerinin tüm ağaç türleri için ısıl işlem sıcaklığına ve süresine bağlı olarak azaldığı belirtilmiş, sertlik ve çizilme direnci değerlerinin ise dört ağaç türünde de tüm ısıl işlem kombinasyonlarıyla azaldığı görülmüştür (Çakıcıer ve ark., 2011a).

Limba, İroko, Dişbudak ve Anadolu kestanesi odunlarının bazı fiziksel özelliklerinde farklı ısıl işlem ve vernik kombinasyonlarının etkisini araştıran çalışmada; ağaç malzemeler belirli sıcaklık (150 ve 180°C) ve süreler (3 ve 6 saat) boyunca ısıl işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra sentetik, selülozik, poliüretan ve su bazlı verniklerle kaplanmıştır. Vernik katmanlarında yüzey pürüzlülük ve yüzey parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda, sentetik ve selülozik vernikle kaplanan ısıl işlemli tüm ağaç malzemelerde yüzey pürüzlülüğün arttığı ve ısıl işlemli tüm ağaç malzemelerde parlaklığın azaldığı belirtilmiştir (Çakıcıer ve ark., 2011b).

Bezir yağı ile ısıl işlem görmüş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununda vernik ve boya katmanlarının bazı özelliklerinin araştırıldığı çalışmada; deney numuneleri 150 °C'de 2 saat boyunca bezir yağıyla ısıl işleme tabi tutulmuş ve daha sonra su bazlı vernik ve su bazlı boya uygulanarak yapışma direnci ve sertlik performansları değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, bezir yağıyla ısıl işlemin vernik ve boya katmanlarının yapışma direncini önemli bir ölçüde etkilemediği ve vernik katmanının sertlik değerlerinin boya katmanının sertlik değerlerinden daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Kesik ve ark., 2015).

Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), çam (*Pinus sylvestris* L.), göknar (*Abies bornmulleriana* M.), meşe (*Quercus petraea* Liebl.) ve kara kavak (*Populus nigra* L.) odunu örneklerinde sentetik, su bazlı ve alkid verniklerin adezyon (yapışma) direnci üzerine ısıl işlemin etkilerinin araştırıldığı çalışmada, test numuneleri 165 °C ve 175 °C sıcaklıklarda 2 ve 4 saatlik sürelerle ısıl işleme tabi tutulmuştur. Yapışma direncinin kayın örneklerinde en yüksek, göknar örneklerinde ise en düşük elde edildiği ve ısıl işlemin vernik yapışma direncini önemli ölçüde düşürdüğü ifade edilmiştir (Atar ve ark., 2015).

Isıl işlemli Doğu Ladini (*Picea orientalis*) masif panel levhalara uygulanan verniklerin katman özelliklerinin incelendiği çalışmada, ahşap örnekler ThermoWood yöntemiyle 190 °C'de 1.5 saat ve 212 °C'de 2 saat ısıl işleme tabi tutulmuştur. Isıl işlem sonrası örnekler endüstriyel üretim koşullarında masif panel levhalar haline getirilmiştir. Ardından, levhalara su bazlı, akrilik, U.V. ve tik yağı olmak üzere dört farklı türde vernik uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, vernik türüne bağlı olarak parlaklık, yüzey yapışma ve çizilme değerlerinde azalmalar görülmüştür. Ayrıca toplam renk değişim değerleri artmıştır. Akrilik vernik ve tik yağı uygulanan örneklerde salınımsal sertlik değerinde artış gözlenirken, su bazlı vernik uygulanan örneklerde azalma tespit edilmiştir (Mıdıroğlu, 2015).

Ağaç malzemede yüzey pürüzlülüğünün vernik katmanı yapışma (adezyon) direncine etkisinin araştırıldığı çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), ve kiraz (*Prunus cerasus*) odunu örnekleri 80, 120 ve 180 kum zımpara ile zımparalanmıştır. Daha sonra örneklerin yüzeylerine poliüretan, su bazlı ve akrilik vernikler uygulanmıştır. Sonuçlara göre, yapışma direnci ağaç türü açısından en yüksek kirazda, en düşük sarıçamda; vernik türü açısından ise en yüksek poliüretan vernikte, en

düşük ise su bazlı vernikte belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ile yapışma direnci arasında su bazlı vernikte güçlü bir ilişkinin olduğu, akrilik verniğin de buna benzer sonuç verdiği ve poliüretan vernikte bu ilişkinin zayıf olduğu tespit edilmiştir (Söğütlü ve ark., 2016).

Isıl işlemli ağaç malzemelerde renk değişimi üzerine farklı verniklerin etkisinin araştırıldığı çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus oriantalis* L.) odunu örnekleri 190 °C, 200 °C ve 210 °C'de 2 saat için ısıl işleme tabi tutulmuş ve ardından örnek yüzeyleri su bazlı, sentetik, selülozik ve poliüretan verniklerle kaplanmıştır. Isıl işlemli örneklerin renk değerlerinin vernik uygulamalarından sonra önemli derecede değiştiği ve toplam renk değişiminin (ΔE*) 200 °C'de ısıl işlemli örneklerde genel olarak daha yüksek belirlendiği ayrıca, renk değişikliğinde sentetik verniğin en fazla etkiye sahip olduğu, su bazlı verniğin ise en az etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Pelit, 2017).

Isıl işlem görmüş ve daha sonra verniklenmiş ağaç malzemelerin Muğla yöresi iklim koşullarında 3 ve 6 aylık sürelerde doğal yaşlandırma işlemine tabi tutulduktan sonra yüzey pürüzlülüğü, parlaklık ve renk değişim gibi bazı yüzey özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, sarıçam ve Doğu kayını odunu örneklerine 1, 2 ve 3 saatlik sürelerde 205, 215 ve 225 °C sıcaklıklarında ısıl işlem uygulanmıştır. Isıl işlemden sonra, deney örnekleri poliüretan ve selülozik verniklerle verniklenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, doğal yaşlandırma işlemi sonrasında poliüretan vernikle verniklenen deney örneklerinin yüzey pürüzlülüğü ve renk açısından daha iyi sonuçlar verdiği, selülozik vernikle verniklenen deney örneklerinin ise parlaklık değerleri açısından daha olumlu sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir (Kart, 2017).

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerde, yüzey hazırlık işlemi ile vernik çeşidinin yüzey pürüzlülüğü ve vernik yapışma direnci üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) odunu örneklerine 210 °C'de 2 saat, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunu örneklerine 212 °C'de 1 saat ve iroko (*Chlorophara excelsa*) odunu örneklerine 190 °C'de 1,5 saat süre ile ThermoWood yöntemine göre ısıl işlem uygulanmıştır. Zımparalanmış ve rendelenmiş örnek yüzeyleri silikonlu, sentetik, poliüretan ve su bazlı vernikler ile kaplanmıştır. Isıl işlemin, dişbudak ve iroko örneklerin rendelenmiş yüzeylerinde pürüzlülüğü azalttığı ancak sarıçamda artırdığı, yapışma direncinde poliüretan verniğin en yüksek, su bazlı

verniğin ise en düşük değeri verdiği ayrıca silikonlu ve solvent bazlı verniklerin yapışma direnci arasında fark olmadığı belirtilmiştir (Altun ve Esmer, 2017).

UV kürlenmeli su bazlı vernik uygulanmış, ısıl işlemli ve ısıl işlemsiz sarıçamdan üretilen laminat parke yüzey özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin incelendiği çalışmada; ThermoWood yöntemiyle 190 °C'de 2 saat ve 212 °C'de 2 saat ısıl işlem uygulamış örneklerin yapışma mukavemeti, salınım sertlik, yüzey pürüzlülüğü, renk ve parlaklık değerleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre ısıl işlemli örneklerde düşük sıcaklıklarda sertliğin arttığını, ancak sıcaklık ve sürenin artmasıyla sertlik ve yapışma direncinin azaldığı, yüzey pürüzlülüğünde ise önemli bir fark olmadığı belirtilmiştir (Gürleyen ve ark., 2017).

Isıl işlemli ve verniklenmiş Türk göknarı ve sarıçam ahşaplarının yapışma mukavemeti, yüzey sertliği ve renk değişimine doğal yaşlandırmanın etkisinin incelendiği çalışmada; ısıl işlem uygulanmış örnekler su bazlı vernik ve boya ile kaplanmıştır. Daha sonra örnekler bir yıl boyunca doğal olarak yaşlandırılmıştır. Yapışma mukavemeti, sertlik ve renk gibi çeşitli özellikler yaşlandırma öncesi ve sonrası belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, vernikli ısıl işlem uygulanmış örneklerin, ısıl işlemsiz örneklere kıyasla daha iyi bir performansa sahip olduğunu görülmüştür (Kesik ve ark., 2017).

Isıl işlem uygulanmış ve ısıl işlemsiz kayın ağacının renk, parlaklık, salınım sertliği ve vernik adezyon (yapışma) direnci gibi yüzey özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin araştırıldığı çalışmada; ısıl işlemli deney örneklerinin yüzeyleri, epoksi akrilik reçine dolgu macunu ve ardından poliakrilik bazlı vernik ile kaplanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, ısıl işleme yanıt olarak kırmızı renk değerinin (a*) arttığı ve renk açıklığının (L*) azaldığı, ısıl işlem sıcaklığı artışıyla birlikte a* ve b* (sarı renk değeri) değerlerinde bir azalmanın olduğu ayrıca sıcaklık artışına bağlı olarak parlaklık, sertlik ve yapışma direnci özelliklerinin olumsuz etkilendiği belirtilmiştir (Ayata ve ark., 2017).

Ağaç malzemede ısıl işlemin vernikli yüzeydeki renk değişim etkisinin araştırıldığı çalışmada, Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Kara Kavak (*Populus nigra* L.), Sapsız Meşe (*Quercus petreae* L.), ve Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana Mattf.*) gibi türlerin deney örnekleri, normal atmosfer ortamında 165 °C ve 175 °C sıcaklıklarda 2 ve 4 saat süreyle ısıl işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra bu örnekler sentetik, parke ve su bazlı verniklerle kaplanmıştır. Ağaç türü, ısıl

işlem süresi ve vernik türü arasındaki etkileşimde, en yüksek renk değişiminin 175 °C'de 2 saat ısıl işlemli kavak örneğinde sentetik vernik uygulamasıyla olduğu, en düşük renk değişiminin ise 165 °C'de 2 saat ısıl işlemli sarıçam örneğinde su bazlı vernik uygulamasıyla gerçekleştiği belirtilmiştir (Atar ve ark., 2018).

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem uygulanmış meşe (*Quercus petraea* L.) örneklerin yapışma direnci, parlaklık, sertlik ve renk *(L^*, a^*, b^*, ΔE^*, ΔL^*, Δa^* ve Δb^*)* gibi yüzey özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, ahşap örnekler 190 °C'de 2 saat ve 212 °C'de 1-2 saat süreyle ThermoWood yöntemi ile ısıl işleme tabi tutulmuştur. Ardından örnek yüzeyleri iki farklı uygulama olan Tip 1, sızdırmazlık maddesi (50 g/m^2) tek kat ve Tip 2, nanolacke vernik sistemi (35 g/m^2) iki kat uygulanarak kaplanmıştır. Sonuç olarak, ısıl işlemle birlikte ışıklılık (L*) azalmış ve bu azalma daha yüksek sıcaklıklar ve işlem süreleri için daha yüksektir. Tip 2 kaplamalı ahşap daha düşük L* azalması göstermiştir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi artışı ile kırmızılıkta bir azalma (daha düşük a*) ve sarı tonda (b*) net bir azalma görülmüştür. Isıl işlemin yoğunluğuyla birlikte toplam renk değişimi artarken, özellikle Tip 1 kaplamalı ahşapta parlaklık azalmıştır. Yapışma mukavemeti ve yüzey sertliği hem Tip 1 hem de Tip 2 kaplamalı ahşap örneklerinde ısıl işlemle birlikte azalmıştır (Gürleyen ve ark., 2019).

Su bazlı, poliüretan ve yağ/vaks bazlı verniklerle kaplanmış kavak (*Populus euramericana*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) örneklerin renk, parlaklık ve pürüzlülük özellikleri üzerinde açık ve kapalı sistem ıslı işlemin etkilerinin araştırıldığı çalışmada; çam için 190 ve 212 °C ve kavak için 180 ve 200 °C sıcaklıklarda ısıl işlem uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre atmosferik ısıl işlemde vakum-ısıl işleme kıyasla özellikle çam örneklerinde daha yüksek kütle kaybı meydana gelmiştir. Yağ+vaks verniklerinde parlaklık azalmış ve ısıl işlemden sonra renk değişimi artmıştır ancak, bu etki vakum-ısıl işlemi ile azaltılmıştır. Maksimum pürüzlülük poliüretan verniklerinde, minimum pürüzlülük ise yağ+vaks verniklerinde elde edilmiştir. (Can, 2020).

Isıl işlem görmüş Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), ve meşe (*Quercus petraea* Liebl.) ağaç malzeme örneklerine uygulanan su bazlı verniklerin yapay yaşlandırma sonrası salınım sertliğinin (König yöntemi) araştırıldığı çalışmada; deney örnekleri ThermoWood yöntemine göre 190 °C'de 2 saat ve 212 °C'de 1-2 saat süreyle ısıl işleme tabi tutulmuştur. Ardından ağaç malzeme yüzeylerine, endüstriyel

uygulamalara göre tek ve iki bileşenli su bazlı vernikler uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, yaşlandırma sonrasında sertlik değerlerinin arttığı ve tek bileşenliye verniğe göre iki bileşenli verniğin daha yüksek değerler verdiği tespit edilmiştir (Ayata ve Çakıcıer, 2021).

Sıcak hava ve vakum altında ısıl işlemin kavak (*Populus euramericana*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) örneklerin yüzey özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada; örnekler yapay bir yaşlandırma sürecine maruz bırakılmıştır. Yaşlandırma işleminden sonra, örneklerin yüzey pürüzlülüğü ve yapışma mukavemeti davranışı ölçülmüştür. UV yaşlandırma işlemi ile havada ısıl işleme tabi tutulan numunelerde yapışma mukavemeti azalmasına rağmen, vakumda ısıl işleme tabi tutulan numunelerde artmıştır. Vakum altında ısıl işleme tabi tutulan numunelerde, havada ısıl işleme tabi tutulan numunelere kıyasla daha düşük yapışma mukavemeti kaybı gözlenmiştir (Krystofiak ve ark., 2022).

4. MALZEME VE YÖNTEM

4.1. MALZEME

4.1.1. Ağaç Malzeme

Bu tez çalışmasında, masif mobilya üretimi ve dekorasyon işlemlerinde sıklıkla kullanılan sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ve Avrupa kayını (*Fagus Sylvatica* L.) odunu örnekleri kullanılmıştır. Ağaç malzemeler, Düzce ilinde bir orman ürünleri işletmesinden tesadüfi örneklem seçimine göre ve hava kurusu durumda tedarik edilmiştir. Ağaç malzemelerin çürüksüz, sağlam ve büyüme kusuru içermemesine özen gösterilmiştir.

4.1.2. Vernik

Çalışma kapsamında, ağaç malzeme yüzeylerinde koruyucu katman oluşturmak amacı ile parlak özellikteki su bazlı, poliüretan ve sentetik (üretan alkid esaslı) ahşap vernikleri kullanılmıştır. Vernik türlerinin seçiminde iç mekan veya harici kısım uygulamalarında sıklıkla tercih edilmeleri etkili olmuştur. Vernikler, Gökhan Boya San. ve Tic. Ltd. Şti.'nden temin edilmiştir. Kullanılan verniklerin bazı uygulama parametreleri ve teknik verileri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Verniklerin bazı teknik ve uygulama özellikleri.

Vernik çeşidi	**pH derecesi**	**Yoğunluk (g/cm³)**	**Uygulama viskozitesi (sn/DIN Cup 4mm/20 ˚C)**	**Uygulanacak vernik miktarı (g/m²)**	**Uygulama gereci**	**Tabanca uç açıklığı**
Su bazlı	8.1	0,93	18	80	Fırça	-
Poliüretan (dolgu)	6,7	1,01	18	100	Püskürtme tabancası	1,8
Poliüretan (son kat)	5,5	0,99	18	100	Püskürtme tabancası	1,8
Sentetik	6,2	0,94	18	100	Fırça	-

Verniklerin uygulamaya hazır haldeki katı madde oranları tez çalışmasının bulgular bölümünde verilmiştir.

4.1.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Ağaç malzemeler, TS ISO 3129'da belirtilen esaslar çerçevesinde diri odun

kısımlarından 70×15×350 mm (radyal yön × teğet yön × boyuna yön) taslak ölçülerde yeterince kesilmiştir (Şekil 4.1) (ISO 3129). Yağlı ısıl işlem yönteminde kullanılacak ahşap örnekler ayrıldıktan sonra diğer yöntemlerde kullanılacak örnekler ısıl işlem uygulamalarından önce TS ISO 13061-1'de belirtilen esaslara göre 20±2 °C sıcaklık ve bağıl nemi %65±3'e ayarlı iklimlendirme cihazında sabit bir kütleye ulaşana kadar bekletilmiştir (TS ISO 13061-1).



Şekil 4.1. Taslak ölçülerde kesilmiş deney örnekleri.

Yağlı ısıl işlem yönteminde kullanılacak ahşap örnekler, yarım yağ halindeki İngiliz nevi bezir yağı kullanılarak emprenye edilmiştir. Ahşap örnekler emprenye öncesi, etüv fırınında 60 ºC sıcaklıkta ve 48 saat süre ile bekletilmiş ve daha sonra ağırlıkları belirlenmiştir. Bezir yağı ise ağırlıkça %25 oranında sentetik tiner ile inceltilmiştir. Emprenye işlemi kapalı bir tank düzenekte dolu hücre metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Ahşap örnekler öncelikle bir kap içerisine konulmuş ve kapla birlikte emprenye tankına yerleştirilmiştir. Ardından, 760 mm Hg-1 basıncında vakum işlemi 30 dakika devam ettirilerek ahşap örneklerin içerisindeki hava çıkarılmıştır. Vakum etkisi devam ederken, örneklerin bulunduğu kap içerisine emprenye çözeltisi bir hortum aparatıyla doldurulmuştur (Şekil 4.2). Daha sonra, 30 dakika süre ile 8kp/cm² basınç uygulanmış ve emprenye süreci tamamlanmıştır (Bozkurt ve ark., 1993).



Şekil 4.2. Deney örneklerinin silindirik tank düzenekte emprenye işlemi.

Emprenye sonrası, örneklerin yüzeyindeki fazla emprenye çözeltisi silinmiş ve beklenmeden ±0,01 gram duyarlılıkla ağırlık tartımları yapılarak yaş ağırlıkları tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Emprenye sonrası ağırlık tartımı.

4.1.4. Isıl işlem Uygulamaları

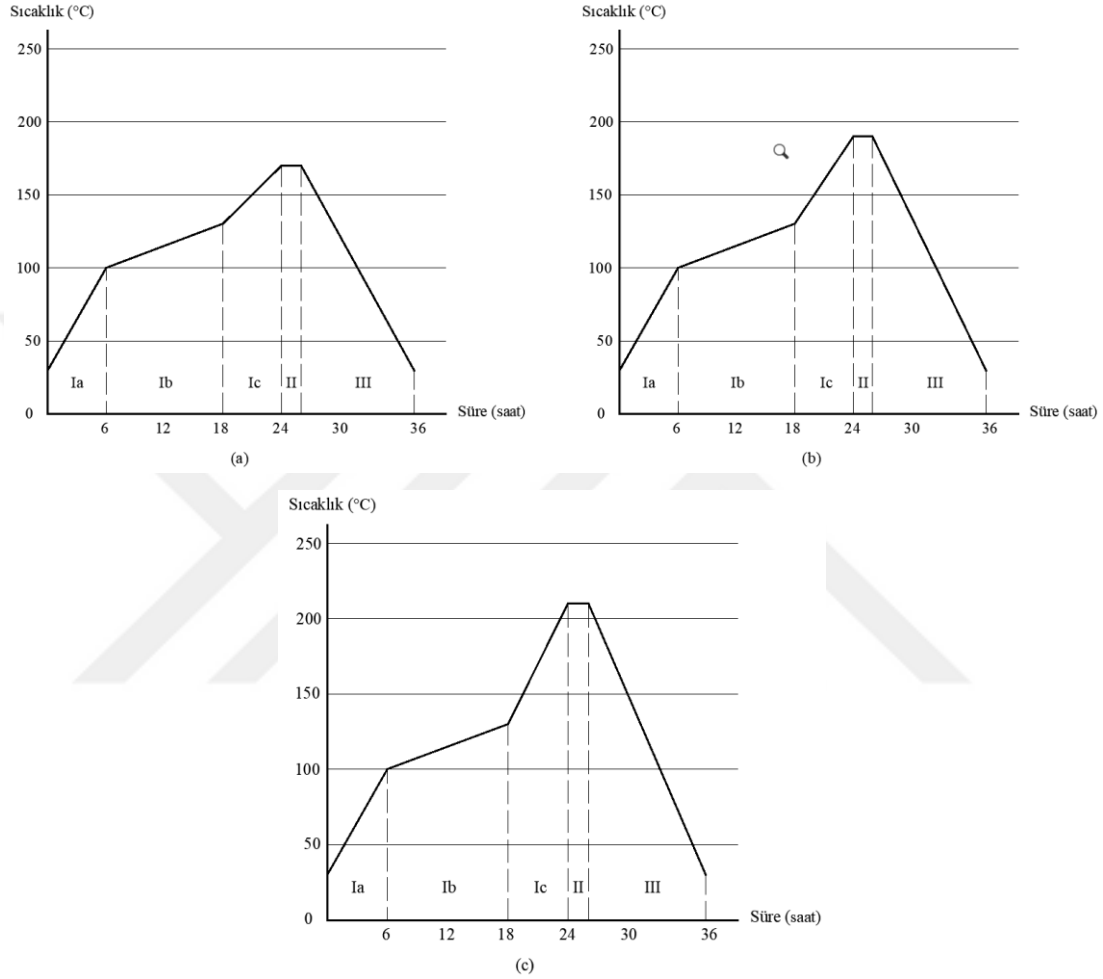
Ahşap örneklere ısıl işlem uygulamaları, özel olarak üretilmiş, tam otomatik ve sıcak su buharı kontrolü yapılabilen laboratuvar tipi bir fırında gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Laboratuvar tipi ısıl işlem fırını.

Isıl işlem uygulamaları sıcak hava, ThermoWood ve yağlı işlem olmak üzere üç farklı yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Tüm yöntemler için, deney örneklerine üç farklı hedef sıcaklıklarında (170, 190 ve 210 °C) ısıl işlemler tatbik edilmiştir. Her üç yöntemde, hedef sıcaklıklarındaki ısıl işlemin süresi 2 saat sürmüş ve ısıl işlemin toplam süresi ise

36 saat sürmüştür. Böylece, ısıl işlem proseslerinde yaşanan süre ve sıcaklık farklılıkları ortadan kaldırılmış ve uygulanan ısıl işlem yöntemlerinin ağaç malzemeler üzerindeki etkisinin daha net görülebilmesi amaçlanmıştır. Her üç yöntem için, deney örneklerine farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlem prosesleri grafiksel olarak Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Farklı sıcaklıklardaki (a: 170 °C, b: 190 °C ve c: 210 °C) ısıl işlem prosesleri.

ThermoWood yönteminde ahşap örnekler ThermoWood Handbook (2003)'de tanımlanan prosedürlere göre su buharı koruması altında ısıl işleme tabi tutulmuştur. Yağlı işlem ve sıcak hava yöntemlerinde ise ahşap örnekler, normal atmosferik basınç altında hedeflenen sıcaklıklarda ve sürelerde ısıl işlem görmüştür. Tüm ısıl işlem uygulamalarından sonra, deney örnekleri iklimlendirme dolabında 20±2 °C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem koşullarında sabit bir kütleye ulaşana kadar tutulmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Isıl işlem sonrası örneklerin iklimlendirme dolabında bekletilmesi.

Daha sonra örnekler 10×60×80 mm (teğet yön × radyal yön × boyuna yön) ölçüsünde ve her değişken için 6 tekrar (n = 6) sağlayacak sayıda işlenmiştir. Ardından örneklerin yüzeyi sırası ile 150 kum ve 180 kum zımparalar ile zımparalamış ve ardından basınçlı hava ve bir bez yardımı ile tozları alınan örnekler vernikleme için hazır duruma getirilmiştir (Şekil 4.7).



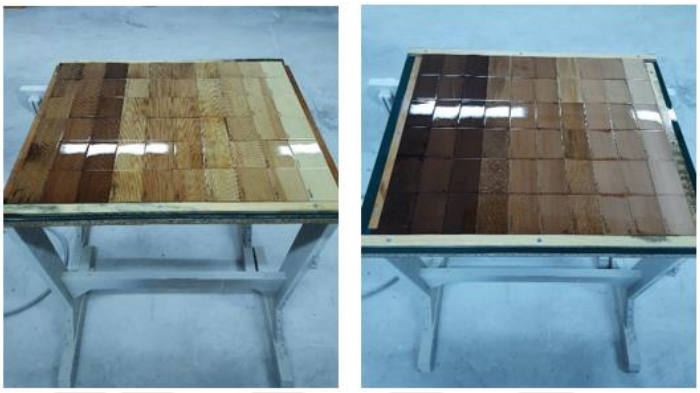
Şekil 4.7. Vernikleme öncesi boyutlandırma ve zımparalama işlemi

4.1.5. Deney Örneklerinin Verniklenmesi

Kontrol (verniksiz) örneklerin yüzey özelliklerini belirlenmek için yüzey sertlik, yüzey parlaklık ve renk ölçümleri yapılmış sonrasında da vernikleme işlemlerine geçilmiştir. Ahşap örneklerin vernikleme işlemi ASTM-D 3023'de belirtilen esaslar çerçevesinde yapılmıştır. Kullanılan verniklerin hazırlanmasında, çözücü veya sertleştirici karışım miktarları için üretici firmaların önerilerine uyulmuştur. Vernikler, ahşap örneklerin yüzey alanına göre Çizelge 4.1'de gösterilen oranlarda tartılarak uygulanmıştır.

Poliüretan dolgu verniği, örneklerin yüzeylerine katlar arasında bekleme yapılmadan iki çapraz kat şeklinde püskürtme tabancası ile uygulanmıştır. Kuruma süresi olarak 12 saat

beklendikten sonra yüzeyde düzgünlüğü sağlamak için 320 kum zımpara ile deney örneklerinin yüzeyleri zımparalanmıştır. Zımpara işlemi sonrası örneklerin yüzeyindeki tozlar basınçlı hava ve yumuşak kıla sahip bir fırça yardımıyla temizlenerek, örnekler son kat vernik uygulamasına hazır hale getirilmiştir. Poliüretan son kat verniği, katların arasında 20 dk. beklenerek iki çapraz kat olarak örneklerin yüzeylerine püskürtme tabancası ile uygulanmıştır.



Şekil 4.8. Poliüretan vernik uygulaması yapılan deney örnekleri.

Su bazlı vernik, deney örneklerinin yüzeylerine üç kat olarak yumuşak kıllı bir fırça yardımıyla uygulanmıştır (Şekil 4.9). Her bir vernik katı arasında 4 saat beklenmiş ve yüzeyde düzgünlüğü sağlamak için 320 kum zımpara ile örneklerin yüzeyleri hafifçe zımparalanmıştır. Zımpara işlemi sonrası örneklerin yüzeyindeki tozlar basınçlı hava ve yumuşak kıla sahip bir fırça yardımıyla temizlenmiş ve örnekler bir sonraki vernik katı uygulamasına hazır hale getirilmiştir.

Sentetik vernik, deney örneklerinin yüzeylerine üç kat olarak orta sertlikte bir fırça yardımıyla uygulanmıştır. Her bir vernik katı arasında 24 saat beklenmiş ve yüzeyde düzgünlüğü sağlamak için 320 kum zımpara ile örneklerin yüzeyleri hafifçe zımparalanmıştır. Zımpara işlemi sonrası örneklerin yüzeyindeki tozlar basınçlı hava ve yumuşak kıla sahip bir fırça yardımıyla temizlenmiş ve örnekler bir sonraki vernik katı uygulamasına hazır hale getirilmiştir. Vernik uygulamaları tamamlandıktan sonra tam kurumanın gerçekleşmesi için, deney örnekleri oda sıcaklığında en az üç hafta süre ile bekletilmiştir.



Şekil 4.9. Su bazlı ve sentetik verniklerin tartılarak fırça ile uygulanması.

4.2. DENEY METODU

4.2.1. Retensiyonun Belirlenmesi

Emprenye sonrası deney örneklerinin retensiyon oranları Eşitlik 4.1'e göre hesaplanmıştır.

$$R = \frac{G \times C}{V} \times 10 \qquad (4.1)$$

Eşitlikte;

R : Retensiyon miktarını (kg/m^3)

G : M_{es} - $M_{0eö}$ (emprenye sonrası ağırlık - emprenye öncesi tam kuru ağırlık) (g)

C : Emprenye çözeltisi konsantrasyonunu (%)

V : Deney örneği hacmini (cm^3) belirtmektedir.

4.2.2. Verniklerde Katı Madde Miktarının Belirlenmesi

Vernikler TS EN ISO 3251 esasları çerçevesinde, öncesinden darası alınmış 75±5 mm çapındaki konkav saat camına damlalık ile 5±0,2 gr. olarak konulmuş ve daha sonra etüv fırınında 60 °C'de sabit kütleye gelinceye kadar tutulmuştur (Şekil 4.10). Çözücüler tamamen buharlaştırıldıktan sonra tekrar tartma işlemi yapılmış ve katı madde oranı "Eşitlik 4.2"ye göre hesaplanmıştır (Sönmez,1989).

$V_u = G - D$ $Ç_b = G - D$

$$\%K_m = \frac{V_u - Ç_b}{V_u} x\ 100 \quad (4.2)$$

Burada;

V_u = Vernik miktarı

$Ç_b$ = Buharlaşmış olan çözücü

K_m = Katı maddenin oranı

G = Yaş vernik ve cam ağırlığı (gr)

D = Camın darası (gr)

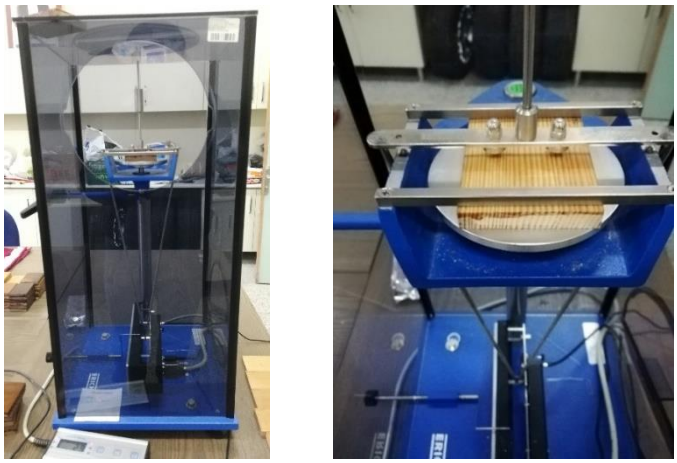
E = Kuru vernik ve cam ağırlığı (gr)



Şekil 4.10. Vernikleri etüv fırınında bekletme işlemi.

4.2.3. Pandüllü Yüzey Sertliğin Belirlenmesi

Vernik katmanlarında mekanik etkilere karşı direnci gösteren sertlik değerleri TS EN ISO 1522 (2022) esasları çerçevesinde, pandüllü sertlik cihazında Köning ölçme prensibine göre belirlenmiştir. Cihaza konumlandırılan örnek yüzeylerinde 63±3,3 HRC sertliğine eşit ve 5±0,0005 mm çapındaki iki bilye yardımıyla salınım gerçekleştiren sarkacın 6º'den 3º'ye kadar olan salınımlarının sayılmasına göre katman sertlikleri belirlenmiştir (Şekil 4.11). Yüzeylerin sertlik düzeyi, salınım sayısı yüksek olanlarda artarken, salınım sayısı az olan yüzeylerde daha düşük bir sertlik göstermektedir. (Sönmez, 1989).



Şekil 4.11. Örneklerde yüzey sertlik ölçümü.

4.2.4. Yüzey Parlaklığının Belirlenmesi

Deney örneklerinin parlaklıkları TS 4318 EN ISO 2813 (2014)'de belirtilen esaslar çerçevesinde parlaklık ölçüm cihazıyla belirlenmiştir. Vernik öncesi ve sonrasında, her bir örnekteki ölçümler liflere dik olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Örneklerde yüzey parlaklık ölçümü.

Boya veya vernikli yüzeylerin parlaklıklarının belirlenmesinde 20° eğim mat katmanlar, 60° eğim hem mat hem parlak katmanlar ve 85° eğim çok parlak katmanlar için kullanılmaktadır (Sönmez,1989). Ölçümler 60°'lik eğim ayarında yapılmıştır. Cihaz, her işlem grubu ölçümlerinden önce, parlaklığı her geometri için 100 olarak belirlenmiş ve iyi cilalanmış düzgün yüzeyli siyah cam ile kalibre edilmiştir.

4.2.5. Vernik Katmanlarında Yüzeye Yapışma Direncinin Belirlenmesi

Vernik katmanlarında yapışma (adezyon) direnci TS EN ISO 4624 (2016) esasları

çerçevesinde DeFelsko Positest AT-A marka elektronik kontrollü hidrolik sistemle çalışan adezyon test cihazı ile belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Adezyon test cihazı.

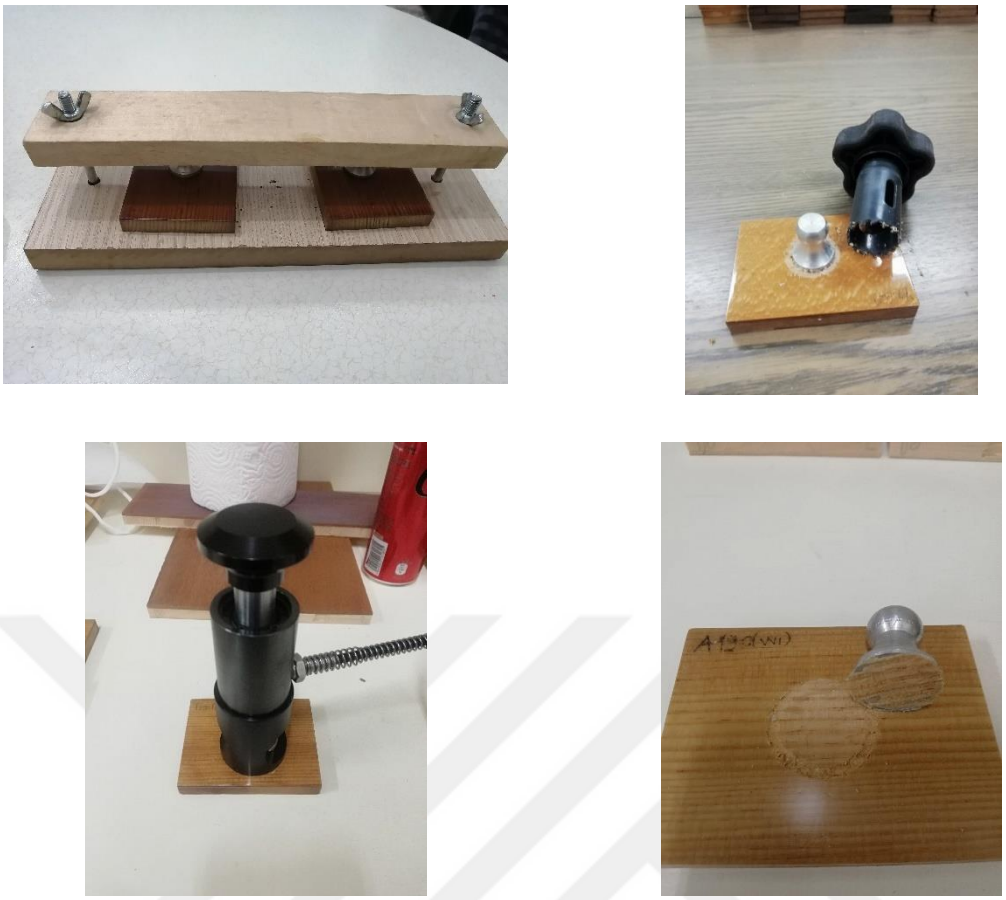
20 mm çapındaki özel silindirler oda sıcaklığında (20 ºC) kalıp yardımıyla örneklerin yüzeyine yapıştırılmış ve en az 24 saat süresince kalıplarda sıkılı halde tutulmuştur. Yapıştırmada, vernik katmanında çözücü etki göstermeyen, çift bileşenli ve epoksi reçineli yapıştırıcı 150±10 g/m^2 hesabı ile kullanılmıştır. Yapıştırılmış silindirin etrafındaki vernik katmanı bir aparat ile kopmanın bu bölgeden olmasını sağlamak için kesilmiştir. Adezyon test cihazı 5 mm/dk çekme hızına ayarlanarak koparma işlemleri yapılmış (Şekil 4.14) ve yapışma (adezyon) dirençleri (X) Eşitlik 4.3 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$X\ (MPa\ ) = 4F/\pi d2 \qquad (4.3)$$

Burada;

F = Kopmanın oluştuğu andaki kuvveti (Newton)

d = Deney silindirinin çapını (mm) belirtmektedir.



Şekil 4.14. Vernik katmanlarında adezyon direnci testi aşamaları.

4.2.6. Renk Değişiminin Belirlenmesi

Deney örneklerindeki renk değişim değerleri, ASTM D2244 (2015) esasları çerçevesinde ve BYK-Gardner Spectrophotometer cihazı kullanılarak CIEL*a*b* renk uzayına göre belirlenmiştir (Şekil 4.15). Bu uzayda, L^* beyaz-siyah ekseni (beyaz için L*=100, siyah için L*=0), a* yeşil-kırmızı ekseni (artı değer kırmızı, eksi değer yeşil) ve b* mavi-sarı ekseni (artı değer sarı, eksi değer mavi) temsil etmektedir (Söğütlü ve Sönmez, 2006).

Renk değişimlerini belirleyebilmek için, kontrol (verniksiz) örnekler ile vernik uygulanmış örneklerin L^*, a^* ve b^* renk parametreleri ölçülmüştür. Kontrol ve vernikli örneklerin bu renk parametrelerindeki değişim farkları (ΔL^*, Δa^* ve Δb^*) yardımıyla, deney örneklerinde yaşanan toplam renk değişimi (ΔE^*) aşağıdaki Eşitlik 4.4. kullanılarak belirlenmiştir.

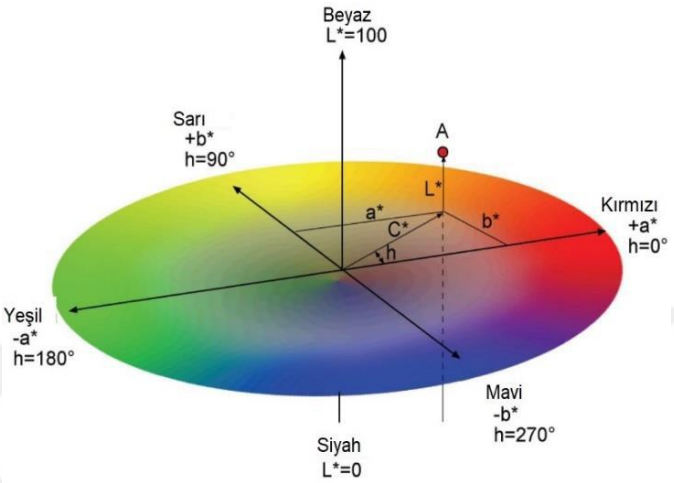
$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4.4)$$

Eşitlikte;

ΔL^*: renk açıklığı veya koyuluğundaki farkı ($L^*_{işlemli} - L^*_{kontrol}$),

Δa^*: kırmızı renk değeri farkını ($a^*_{işlemli} - a^*_{kontrol}$),

Δb^*: sarı renk değeri farkını ($b^*_{işlemli} - b^*_{kontrol}$) belirtmektedir.



Şekil 4.15. Renk uzayı-CIEL*a*b* (Johansson, 2005).

4.2.7. İstatistiksel Değerlendirmeler

Test sonuçlarından elde edilen verilerin analizi için, MSTAT C yazılım programından yararlanılmıştır. Sarıçam ve Avrupa kayını odunu örneklerine uygulanan verniklerin bazı katman özelliklerine farklı sıcaklıklarda ve farklı atmosferik koşullarda uygulanan ısıl işlemlerin etkisini belirlenmek için varyans analizleri (ANOVA) 0,05 önem düzeyinde uygulanmıştır. Ağaç türü, ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem yöntemi ve vernik çeşidi faktörlerinin kendi aralarındaki farklılıklar ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri, Duncan testleri uygulanarak homojenlik gruplarına ayrılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

5. BULGULAR VE VERİ ANALİZİ

5.1. RETENSİYON DEĞERLERİ

Bezir yağı emprenyeli çam ve kayın örnekler için tespit edilen retensiyon miktarları Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Ağaç malzemelerin retensiyon değerleri.

Ağaç türü	Retensiyon (kg/m³)	
	$\bar{x}$	St.S
Sarıçam	318	27
Kayın	394	19

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

Çizelge 5.1'e göre, çam ve kayın örneklerin retensiyon değeri ortalaması sırası ile 318 kg/m^3 ve 394 kg/m^3 olarak belirlenmiştir.

5.2. VERNİKLERİN KATI MADDE MİKTARI

Çalışmada kullanılan vernikler için belirlenen katı madde miktarı değerleri Çizelge 5.2'de sunulmuştur.

Çizelge 5.2. Verniklerde katı madde miktarı.

Vernik çeşidi	Katı madde miktarı (%)
Su bazlı vernik	33,51
Poliüretan dolgu vernik	40,40
Poliüretan son kat vernik	41,10
Sentetik vernik	49,91

Sonuçlara göre, en yüksek katı madde miktarı sentetik verniğinde (%49.91), en düşük ise su bazlı verniğinde (%33.51) elde edilmiştir.

5.3. YÜZEY SERTLİK

Farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklıklarda ısıl işlemli çam ve kayın odunu örneklerinin farklı vernik uygulamaları sonrası yüzey sertliklerinin aritmetik ortalaması Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Örneklerin yüzey sertliklerine ait aritmetik ortalamalar (salınım).

Isıl işlem yöntemi	Isıl işlem sıcaklığı	Vernik çeşidi	Ağaç türü			
			Sarıçam		Kayın	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Thermo-Wood	170 °C	Verniksiz	58,17	3,37	77,33	3,67
		Su bazlı	100,5	5,17	101,8	4,17
		Poliüretan	142,2	2,32	140,7	1,75
		Sentetik	27,17	1,72	27,00	1,41
	190 °C	Verniksiz	55,67	4,50	79,83	3,76
		Su bazlı	100,0	5,40	102,5	4,76
		Poliüretan	141,2	2,71	140,3	1,63
		Sentetik	28,33	1,63	30,67	1,97
	210 °C	Verniksiz	52,17	2,93	76,67	3,98
		Su bazlı	101,0	5,02	98,67	4,84
		Poliüretan	141,2	1,47	140,7	2,94
		Sentetik	28,67	1,21	29,83	1,47
Yağlı işlem	170 °C	Verniksiz	49,33	3,78	59,83	3,66
		Su bazlı	77,00	4,38	94,33	5,35
		Poliüretan	129,3	3,83	134,0	2,76
		Sentetik	24,17	1,47	26,67	1,97
	190 °C	Verniksiz	51,83	4,17	63,83	3,43
		Su bazlı	82,50	4,85	92,67	4,27
		Poliüretan	130,3	3,39	136,2	1,72
		Sentetik	24,67	1,75	30,17	1,17
	210 °C	Verniksiz	50,83	3,66	57,50	3,21
		Su bazlı	83,33	5,54	90,50	3,99
		Poliüretan	129,8	3,66	132,2	3,13
		Sentetik	27,67	1,51	31,00	2,10
Sıcak hava	170 °C	Verniksiz	57,17	1,17	76,17	3,66
		Su bazlı	98,17	5,46	103,3	5,13
		Poliüretan	142,3	3,72	140,7	2,58
		Sentetik	27,00	0,89	27,17	0,75
	190 °C	Verniksiz	54,83	4,83	79,00	2,97
		Su bazlı	101,3	4,80	99,67	4,89
		Poliüretan	140,8	1,33	141,8	1,94
		Sentetik	28,17	1,17	30,00	2,61
	210 °C	Verniksiz	52,17	3,31	77,50	1,87
		Su bazlı	102,3	5,09	100,5	5,01
		Poliüretan	141,0	2,53	141,5	2,81
		Sentetik	29,17	1,60	30,33	1,03
Kontrol		Verniksiz	56,00	4,56	73,50	5,05
		Su bazlı	99,17	3,19	100,8	3,43
		Poliüretan	138,2	2,99	139,8	0,98
		Sentetik	27,33	1,75	26,50	0,55

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

Çizelge 5.3 sonuçlarına göre; ağaç türü, ısıl işlem yöntemi, ısıl işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi değişkenlerine göre deney örneklerinin yüzey sertlik değerlerinde farklılıklar görülmüştür. Farklılıkların kaynaklandığı faktörleri belirlemek için ANOVA testi

uygulanmış ve Çizelge 5,4'te sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Örneklerde yüzey sertlik değerleri için ANOVA sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	5292,563	5292,563	4705,371	0,0000*
Isıl işlem yöntemi (B)	2	5644,531	2822,266	2509,145	0.0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	287,181	95,727	8,511	0,0000*
Vernik çeşidi (D)	3	961991,403	320663,801	28508,728	0,0000*
Etkileşim (AB)	2	35,073	17,536	1,559	ns
Etkileşim (AC)	3	101,813	33,938	3,017	0,0296*
Etkileşim (AD)	3	7160,896	2386,965	212,214	0,0000*
Etkileşim (BC)	6	1950,413	325,069	28,900	0,0000*
Etkileşim (BD)	6	1619,524	269,921	23,997	0,0000*
Etkileşim (CD)	9	639,667	71,074	6,319	0,0000*
Etkileşim (ABC)	6	109,927	18,321	1,629	ns
Etkileşim (ABD)	6	1410,927	235,155	20,907	0,0000*
Etkileşim (ACD)	9	331,562	36,840	3,275	0,0007*
Etkileşim (BCD)	18	598,698	33,261	2,957	0,0000*
Etkileşim (ABCD)	18	568,573	31,587	2,808	0,0001*
Hata	480	5399,000	11,248		
Toplam	575	993141,750			

*: 0,05'e göre önemli, ns: önemsiz

ANOVA testi sonuçlarına göre, örneklerin yüzey sertlik değeri üzerine ağaç türü-ısıl işlem yöntemi ikili etkileşimi ile ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi önemsiz, diğer tüm faktörler ise önemli çıkmıştır ($P \leq 0,05$). Ağaç türü, ısıl işlem yöntemi, ısıl işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi faktörleri düzeyinde, örneklerin sertlikleri arasındaki farkı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.5, 5.6, 5.7 ve 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Ağaç türüne ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması (salınım).

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	78,61	B
Kayın	84,68	A*
LSD: ± 0,3279		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.5'e göre; sertlik değeri kayın örneklerinde yüksek (84,68), sarıçam örneklerinde daha düşük (78,61) bulunmuştur.

Çizelge 5.6. Isıl işlem yöntemine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	$\bar{x}$	**HG**
ThermoWood	83,86	A*
Yağlı işlem	77,22	B
Sıcak hava	83,86	A*
LSD: ± 0,4015		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.6'ya göre; en yüksek sertlik değeri, aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood ve sıcak hava yöntemlerinde (83,86), en düşük ise yağlı işlem yönteminde (77,22) elde edilmiştir.

Çizelge 5.7. Isıl işlem sıcaklığına ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	$\bar{x}$	**HG**
Kontrol	82,67	A*
170 ℃	80,90	C
190 ℃	81,93	B
210 ℃	81,09	C
LSD: ± 0,4637		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik grubu; *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.7'ye göre; en yüksek sertlik değeri, kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerde (82,67), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere 170 ℃ ve 210 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş örneklerde (80,90 ve 81,09) elde edilmiştir.

Çizelge 5.8. Vernik çeşidine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	**HG**
Verniksiz	63,26	C
Su bazlı	97,09	B
Poliüretan	138,3	A*
Sentetik	27,89	D
LSD: ± 0.4637		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.8'e göre; en yüksek sertlik değeri, poliüretan vernikli örneklerde (138,3), en düşük ise sentetik vernikli örneklerde (27,89) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin sertlik değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Ağaç türü**			
	Sarıçam		Kayın	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	80,17	C	85,17	A*
170 ℃	77,71	D	84,08	B
190 ℃	78,31	D	85,56	A*
210 ℃	78,28	D	83,90	B
LSD: ± 0,6557				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.9'a göre; en yüksek sertlik değeri, aralarında önemli bir fark olmamak üzere kontrol (ısıl işlemsiz) ve 190 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş kayın örneklerde (85,17 ve 85,56), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere 170 ℃, 190 ℃ ve 210 ℃ sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş sarıçam örneklerde (77,71, 78,31 ve 78,28) elde edilmiştir.

Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin sertlik değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Ağaç türü**			
	Sarıçam		Kayın	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Verniksiz	54,18	F	72,35	E
Su bazlı	95,31	D	98,88	C
Poliüretan	137,7	B	139,0	A*
Sentetik	27,25	H	28,53	G
LSD: ± 0,6557				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.10'a göre; en yüksek sertlik değeri, poliüretan vernikli kayın örneklerde (139,0), en düşük ise sentetik vernikli sarıçam örneklerde (27,25) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin sertlik değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Isıl işlem yöntemi**					
	ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	82,67	D	82,67	D	82,67	D
170 ℃	84,35	ABC	74,33	G	84,00	BC
190 ℃	84,81	A*	76,52	E	84,46	AB
210 ℃	83,60	C	75,35	F	84,31	ABC
LSD: ± 0,8031						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.11'e göre; en yüksek sertlik değeri, ThermoWood yöntemiyle 190 ℃'de ısıl işlemli örneklerde (84,81), en düşük ise yağlı ısıl işlem yöntemiyle 170 ℃'de ısıl işlemli örneklerde (74,33) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin sertlik değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.12'de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Isıl işlem yöntemi**					
	ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Verniksiz	66,17	E	57,83	F	65,79	E
Su bazlı	100,6	C	90,04	D	100,7	C
Poliüretan	140,5	A*	133,7	B	140,8	A*
Sentetik	28,19	G	27,27	H	28,21	G
LSD: ± 0,8031						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.12'ye göre; en yüksek sertlik değeri, aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood ve sıcak hava yöntemleriyle ısıl işlem görmüş poliüretan vernikli örneklerde (140,5 ve 140,8), en düşük ise yağlı ısıl işlem görmüş sentetik vernikli örneklerde (27,27) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin sertlik değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.13'te verilmiştir.

Çizelge 5.13. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Isıl işlem sıcaklığı**							
	Kontrol		170 ℃		190 ℃		210 ℃	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Verniksiz	64,75	E	63,00	F	64,17	E	61,14	G
Su bazlı	100,0	C	95,86	D	96,44	D	96,06	D
Poliüretan	139,0	A*	138,2	AB	138,4	AB	137,7	B
Sentetik	26,92	I	26,53	I	28,67	H	29,44	H
LSD: ± 0,9273								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.13'e göre; en yüksek sertlik değeri, ısıl işlemsiz (kontrol) poliüretan vernik uygulanmış örneklerde (139,0), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere ısıl işlemsiz (kontrol) ve 170 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş sentetik vernikli örneklerde (26,92 ve 26,53) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin, örneklerin sertlik değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.14'te verilmiştir.

Çizelge 5.14. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	**Vernik çeşidi**	**Ağaç türü**			
		Sarıçam		Kayın	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
ThermoWood	Verniksiz	55,50	I	76,83	G
	Su bazlı	100,2	D	101,0	D
	Poliüretan	140,7	A*	140,4	A*
	Sentetik	27,88	K	28,50	K
Yağlı işlem	Verniksiz	52,00	J	63,67	H
	Su bazlı	85,50	F	94,58	E
	Poliüretan	131,9	C	135,5	B
	Sentetik	25,96	L	28,58	K
Sıcak hava	Verniksiz	55,04	I	76,54	G
	Su bazlı	100,3	D	101,1	D
	Poliüretan	140,6	A*	141,0	A*
	Sentetik	27,92	K	28,5	K
LSD: ± 1,136					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.14'e göre; en yüksek sertlik değeri, aralarında önemli bir fark olmamak üzere

ThermoWood ve sıcak hava yöntemleriyle ısıl işlem görmüş poliüretan vernikli sarıçam örnekleri (140,7 ve 140,6) ile kayın örneklerinde (140,4 ve 141,0), en düşük ise yağlı ısıl işlem görmüş sentetik vernikli sarıçam örneklerinde (25,96) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin, örneklerin sertlik değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.15'te verilmiştir.

Çizelge 5.15. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Vernik çeşidi**	**Ağaç türü**			
		Sarıçam		Kayın	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	Verniksiz	56,00	L	73,50	J
	Su bazlı	99,17	EF	100,8	D
	Poliüretan	138,2	BC	139,8	A*
	Sentetik	27,33	PQ	26,50	Q
170 ℃	Verniksiz	54,89	LM	71,11	K
	Su bazlı	91,89	I	99,83	DE
	Poliüretan	137,9	C	138,4	BC
	Sentetik	26,11	Q	26,94	Q
190 ℃	Verniksiz	54,11	M	74,22	J
	Su bazlı	94,61	H	98,28	F
	Poliüretan	137,4	C	139,4	AB
	Sentetik	27,06	Q	30,28	O
210 ℃	Verniksiz	51,72	N	70,56	K
	Su bazlı	95,56	GH	96,56	G
	Poliüretan	137,3	C	138,1	C
	Sentetik	28,50	P	30,39	O
LSD: ± 1,311					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.15'e göre; en yüksek sertlik değeri, ısıl işlemsiz (kontrol) poliüretan vernik uygulanmış kayın örneklerde (139,8), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere 170 ℃ ve 190 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş sentetik vernikli sarıçam örnekler (26,11 ve 27,06) ile ısıl işlemsiz (kontrol) ve 170 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş sentetik vernikli kayın örneklerde (26,50 ve 26,94) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin, örneklerin sertlik değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Vernik çeşidi**	**Isıl işlem yöntemi**					
		ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	Verniksiz	64,75	I	64,75	I	64,75	I
	Su bazlı	100,0	E	100,0	E	100,0	E
	Poliüretan	139,0	B	139,0	B	139,0	B
	Sentetik	26,92	MN	26,92	MN	26,92	MN
170 °C	Verniksiz	67,75	H	54,58	K	66,67	H
	Su bazlı	101,2	E	85,67	G	100,8	E
	Poliüretan	141,4	A*	131,7	CD	141,5	A*
	Sentetik	27,08	M	25,42	N	27,08	M
190 °C	Verniksiz	67,75	H	57,83	J	66,92	H
	Su bazlı	101,3	E	87,58	F	100,5	E
	Poliüretan	140,8	A*	133,3	C	141,3	A*
	Sentetik	29,50	L	27,42	M	29,08	L
210 °C	Verniksiz	64,42	I	54,17	K	64,83	I
	Su bazlı	99,83	E	86,92	FG	101,4	E
	Poliüretan	140,9	A*	131,0	D	141,3	A*
	Sentetik	29,25	L	29,33	L	29,75	L
LSD: ± 1,606							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.16'ya göre; en yüksek sertlik değeri, aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood yöntemiyle 170 °C, 190 °C ve 210 °C sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş poliüretan vernikli örnekler (141,4, 140,8 ve 140,9) ile sıcak hava yöntemiyle 170 °C, 190 °C ve 210 °C sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş poliüretan vernikli örneklerde (141,5, 141,3 ve 141,3), en düşük ise yağlı ısıl işlem yöntemiyle 170 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş sentetik vernikli örneklerde (25,42) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşimine ilişkin, örneklerin sertlik değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.17'de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	**Isıl işlem sıcaklığı**	**Vernik çeşidi**	**Ağaç türü**			
			Sarıçam		Kayın	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Thermo-Wood	170 °C	Verniksiz	58,17	WX	77,33	ST
		Su bazlı	100,5	JKLM	101,8	IJK

Çizelge 5.17. (devam) Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşimine ilişkin yüzey sertliklerin Duncan testi karşılaştırması.

Thermo-Wood	170 °C	Poliüretan	142,2	A*	140,7	AB
		Sentetik	27,17	ab	27,00	ab
	190 °C	Verniksiz	55,67	YZ	79,83	R
		Su bazlı	100,0	KLMN	102,5	IJ
		Poliüretan	141,2	AB	140,3	ABC
		Sentetik	28,33	_`ab	30,67	]^
	210 °C	Verniksiz	52,17	[	76,67	T
		Su bazlı	101,0	JKL	98,67	MN
		Poliüretan	141,2	AB	140,7	AB
		Sentetik	28,67	^_`ab	29,83	]^_`
Yağlı işlem	170 °C	Verniksiz	49,33	\	59,83	W
		Su bazlı	77,00	ST	94,33	O
		Poliüretan	129,3	H	134,0	EF
		Sentetik	24,17	d	26,67	bc
	190 °C	Verniksiz	51,83	[	63,83	V
		Su bazlı	82,50	Q	92,67	OP
		Poliüretan	130,3	GH	136,2	DE
		Sentetik	24,67	cd	30,17	]^_
	210 °C	Verniksiz	50,83	[\	57,50	XY
		Su bazlı	83,33	Q	90,50	P
		Poliüretan	129,8	H	132,2	FG
		Sentetik	27,67	`ab	31,00	]
Sıcak hava	170 °C	Verniksiz	57,17	XY	76,17	T
		Su bazlı	98,17	N	103,3	I
		Poliüretan	142,3	A*	140,7	AB
		Sentetik	27,00	ab	27,17	ab
	190 °C	Verniksiz	54,83	Z	79,00	RS
		Su bazlı	101,3	IJKL	99,67	KLMN
		Poliüretan	140,8	AB	141,8	AB
		Sentetik	28,17	_-`ab	30,00	]^_
	210 °C	Verniksiz	52,17	[	77,50	ST
		Su bazlı	102,3	IJ	100,5	JKLM
		Poliüretan	141,0	AB	141,5	AB
		Sentetik	29,17	]^_`a	30,33	]^_
Kontrol		Verniksiz	56,00	XYZ	73,50	U
		Su bazlı	99,17	LMN	100,8	JKLM
		Poliüretan	138,2	CD	139,8	BC
		Sentetik	27,33	ab	26,50	bc
LSD: ± 2,271						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek sertlik değeri

Çizelge 5.17'ye göre; en yüksek sertlik değeri, aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood ve sıcak hava yöntemleriyle 170 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş poliüretan vernikli çam örneklerinde (142,2 ve 142,3), en düşük ise yağlı ısıl işlem yöntemiyle 170 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş sentetik vernikli çam örneklerinde (24,17) elde edilmiştir.

5.4. YÜZEY PARLAKLIK

Farklı atmosferik koşullarda ısıl işlemli sarıçam ve kayın örneklerin değişik vernik uygulamaları sonrası yüzey parlaklıklarının aritmetik ortalaması Çizelge 5.18'de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Örneklerin yüzey parlaklık değerleri.

Isıl işlem yöntemi	**Isıl işlem sıcaklığı**	**Vernik çeşidi**	**Ağaç türü**			
			Sarıçam		Kayın	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Thermo-Wood	170 °C	Verniksiz	3,49	0,22	4,02	0,15
		Su bazlı	67,25	8,30	73,98	6,92
		Poliüretan	91,87	0,25	90,48	0,27
		Sentetik	91,62	2,53	91,13	2,38
	190 °C	Verniksiz	3,09	0,13	3,65	0,22
		Su bazlı	65,40	8,72	71,68	5,58
		Poliüretan	91,45	0,48	90,50	0,48
		Sentetik	91,05	2,53	89,15	2,83
	210 °C	Verniksiz	2,49	0,24	3,83	0,26
		Su bazlı	58,72	9,89	69,42	10,24
		Poliüretan	90,95	0,69	90,10	0,42
		Sentetik	80,15	2,32	80,23	2,47
Yağlı işlem	170 °C	Verniksiz	1,92	0,15	1,62	0,13
		Su bazlı	74,55	6,53	74,73	6,13
		Poliüretan	91,12	0,52	90,82	0,48
		Sentetik	91,12	2,90	92,47	2,41
	190 °C	Verniksiz	1,80	0,25	1,29	0,15
		Su bazlı	66,40	4,79	65,90	4,79
		Poliüretan	90,92	1,03	90,48	0,84
		Sentetik	90,08	2,69	88,37	2,52
	210 °C	Verniksiz	1,72	0,07	1,20	0,20
		Su bazlı	65,85	3,91	65,72	7,87
		Poliüretan	90,65	0,88	89,67	0,77
		Sentetik	86,82	2,17	79,07	2,46
Sıcak hava	170 °C	Verniksiz	3,58	0,20	3,92	0,30
		Su bazlı	69,62	6,00	74,18	8,22
		Poliüretan	91,62	0,34	90,83	0,74
		Sentetik	92,22	2,70	91,53	1,21
	190 °C	Verniksiz	3,24	0,36	3,84	0,21
		Su bazlı	65,67	5,80	68,62	4,13
		Poliüretan	91,20	0,70	90,60	0,33
		Sentetik	91,88	1,36	90,03	3,26
	210 °C	Verniksiz	2,61	0,31	3,70	0,14
		Su bazlı	57,98	5,40	69,43	5,96
		Poliüretan	91,13	0,22	90,07	0,26
		Sentetik	81,85	1,68	78,67	2,95
Kontrol		Verniksiz	2,89	0,20	3,79	0,42
		Su bazlı	73,78	3,93	77,03	6,49

Çizelge 5.18. (devam) Örneklerin yüzey parlaklık değerleri.

Kontrol	Poliüretan	92,08	0,89	91,08	0,53
	Sentetik	92,97	1,23	92,02	1,24

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

Çizelge 5.18 incelendiğinde; ağaç türü, ısıl işlem yöntemi, ısıl işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi değişkenlerine göre deney örneklerinin yüzey parlaklık değerlerinde farklılıklar görülmüştür. Farklılıkların kaynaklandığı faktörleri belirlemek için ANOVA testi uygulanmış ve Çizelge 5,19'da sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 5.19. Örneklerde yüzey parlaklık değerleri için ANOVA sonuçları.

Faktör	**Serbestlik derecesi**	**Kareler toplamı**	**Kareler ortalaması**	**F değeri**	**P ≤ 0,05**
Ağaç türü (A)	1	50,505	50,505	12,598	0,0004*
Isıl işlem yöntemi (B)	2	1,358	0,679	0,169	ns
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	2998,075	999,358	249,276	0,0000*
Vernik çeşidi (D)	3	735002,637	245000,879	61112,011	0,0000*
Etkileşim (AB)	2	106,252	53,126	13,252	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	10,896	3,632	0,906	ns
Etkileşim (AD)	3	750,398	250,133	62,392	0,0000*
Etkileşim (BC)	6	73,101	12,184	3,0390	0,0063*
Etkileşim (BD)	6	96,947	16,158	4,030	0,0006*
Etkileşim (CD)	9	2609,886	289,987	72,333	0,0000*
Etkileşim (ABC)	6	107,607	17,935	4,474	0,0002*
Etkileşim (ABD)	6	159,651	26,609	6,637	0,0000*
Etkileşim (ACD)	9	171,013	19,001	4,740	0,0000*
Etkileşim (BCD)	18	159,330	8,852	2,208	0,0030*
Etkileşim (ABCD)	18	126,749	7,042	1,756	0,0279*
Hata	480	1924,342	4,009		
Toplam					

*: 0,05'e göre önemli, ns: önemsiz

ANOVA testi sonuçlarına göre, örneklerin parlaklık değeri üzerine ısıl işlem yöntemi faktörü ile ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi önemsiz, diğer tüm faktörler ise önemli çıkmıştır (P ≤ 0,05). Ağaç türü, ısıl işlem yöntemi, ısıl işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi faktörleri düzeyinde, örneklerin parlaklıkları arasındaki farkı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.20, 5.21, 5.22 ve 5.23'te verilmiştir.

Çizelge 5.20. Ağaç türüne ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	62,88	B
Kayın	63,47	A*
LSD: ± 0,3279		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.20'ye göre; parlaklık değeri, kayın örneklerinde yüksek (63,47), çam örneklerinde daha düşük (62,88) bulunmuştur.

Çizelge 5.21. Isıl işlem yöntemine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	$\bar{x}$	HG
ThermoWood	63,17	A*
Yağlı işlem	63,12	A*
Sıcak hava	63,24	A*
LSD: ± 0,4015		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.21'e göre; yüzey parlaklık değerleri her üç yöntemde de benzer bulunmuş ve değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

Çizelge 5.22. Isıl işlem sıcaklığına ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	$\bar{x}$	HG
Kontrol	65,71	A*
170 °C	64,57	B
190 °C	62,76	C
210 °C	59,67	D
LSD: ± 0,4637		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik grubu; *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.22'ye göre; en yüksek parlaklık değeri, kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerde (65,71), en düşük ise 210 °C'de ısıl işlemli örneklerde (59,67) elde edilmiştir.

Çizelge 5.23. Vernik çeşidine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Verniksiz	2,96	D
Su bazlı	69,90	C
Poliüretan	91,00	A*
Sentetik	88,85	B
LSD: ± 0,4637		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.23'e göre; en yüksek parlaklık değeri, poliüretan vernikli örneklerde (91,00), en düşük ise verniksiz örneklerde (2,96) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin parlaklık değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.24'te verilmiştir.

Çizelge 5.24. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi ikili etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	**Ağaç türü**			
	Sarıçam		Kayın	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
ThermoWood	62,45	B	63,88	A*
Yağlı işlem	63,42	A*	62,83	B
Sıcak hava	62,77	B	63,71	A*
LSD: ± 0,5679				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.24'e göre; en yüksek parlaklık değeri, aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood ve sıcak hava yöntemleriyle ısıl işlemli kayın örnekleri (63,88 ve 63,71) ile yağlı ısıl işlemli çam örneklerinde (63,42), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood ve sıcak hava yöntemleriyle ısıl işlem görmüş çam örneklerinde (62,45 ve 62,77) ve yağlı ısıl işlemli kayın örneklerinde (62,83) elde edilmiştir.

Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin parlaklık değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.25'te verilmiştir.

Çizelge 5.25. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Ağaç türü**			
	Sarıçam		Kayın	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Verniksiz	2,72	G	3,20	G
Su bazlı	67,73	F	72,06	E
Poliüretan	91,43	A*	90,57	B
Sentetik	89,64	C	88,06	D
LSD: ± 0,6557				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.25'e göre; en yüksek parlaklık değeri, poliüretan vernik uygulanmış çam örneklerinde (91,43), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere verniksiz çam ve kayın örneklerinde (2,72 ve 3,20) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin, parlaklık değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.26'da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Isıl işlem yöntemi**					
	ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	65,71	A*	65,71	A*	65,71	A*
170 °C	64,23	B	64,79	B	64,69	B
190 °C	63,25	C	61,91	D	63,14	C
210 °C	59,49	E	60,09	E	59,43	E
LSD: ± 0,8031						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.26'ya göre; en yüksek parlaklık değeri, kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerde (65,71), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood, yağlı ısıl işlem ve sıcak hava yöntemleriyle 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş örneklerde (59,49, 60,09 ve 59,43) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin parlaklık değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.27'de verilmiştir.

Çizelge 5.27. Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Isıl işlem yöntemi**					
	ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Verniksiz	3,41	E	2,03	F	3,45	E
Su bazlı	69,66	D	70,50	C	69,54	D
Poliüretan	91,06	A*	90,85	A*	91,08	A*
Sentetik	88,54	B	89,11	B	88,90	B
LSD: ± 0,8031						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.27'ye göre; en yüksek parlaklık değeri, aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood, yağlı işlem ve sıcak hava yöntemleriyle ısıl işlem görmüş poliüretan vernikli örneklerde (91,06, 90,85 ve 91,08), en düşük ise yağlı ısıl işlem görmüş verniksiz örneklerde (2,03) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin parlaklık değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.28'de verilmiştir.

Çizelge 5.28. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Isıl işlem sıcaklığı**							
	Kontrol		170 °C		190 °C		210 °C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Verniksiz	3,34	J	3,09	J	2,82	J	2,59	J
Su bazlı	75,41	F	72,39	G	67,28	H	64,52	I
Poliüretan	91,58	AB	91,12	BC	90,86	BCD	90,43	CD
Sentetik	92,49	A*	91,68	AB	90,09	D	81,13	E
LSD: ± 0,9273								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.28'e göre; en yüksek parlaklık değeri, ısıl işlemsiz (kontrol) sentetik vernik uygulanmış örneklerde (92,49), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere ısıl işlemsiz (kontrol) örnekler ile 170 °C, 190 °C ve 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş verniksiz örneklerde (3,34, 3,09, 2,82 ve 2,59) elde edilmiştir.

Ağaç türü- ısıl işlem yöntemi- ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimine ilişkin, parlaklık değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.29'da verilmiştir.

Çizelge 5.29. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	**Isıl işlem sıcaklığı**	**Ağaç türü**			
		Sarıçam		Kayın	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
ThermoWood	Kontrol	65,43	AB	65,98	A*
	170 °C	63,56	DEF	64,90	ABC
	190 °C	62,75	FG	63,75	DEF
	210 °C	58,08	J	60,89	I
Yağlı işlem	Kontrol	65,43	AB	65,98	A*

Çizelge 5.29. (devam) Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Yağlı işlem	170 ℃	64,68	BCD	64,91	ABC
	190 ℃	62,30	GH	61,51	HI
	210 ℃	61,26	HI	58,91	J
Sıcak hava	Kontrol	65,43	AB	65,98	A*
	170 ℃	64,26	CDE	65,12	ABC
	190 ℃	63,00	FG	63,27	EFG
	210 ℃	58,40	J	60,47	I
LSD: ± 1,136					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.29'a göre; en yüksek parlaklık değeri, ısıl işlemsiz (kontrol) kayın örneklerde (65,98), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood ve sıcak hava yöntemiyle 210 ℃'de ısıl işlemli çam örnekler (58,08 ve 58,40) ile yağlı ısıl işlem yöntemiyle 210 ℃'de ısıl işlemli kayın örneklerde (58,91) elde edilmiştir.

Ağaç türü- ısıl işlem yöntemi- vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin, örneklerin parlaklık değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.30'da verilmiştir.

Çizelge 5.30. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	**Vernik çeşidi**	**Ağaç türü**			
		Sarıçam		Kayın	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
ThermoWood	Verniksiz	2,99	IJ	3,82	I
	Su bazlı	66,29	H	73,03	F
	Poliüretan	91,59	A*	90,54	ABC
	Sentetik	88,95	DE	88,13	E
Yağlı işlem	Verniksiz	2,08	J	1,97	J
	Su bazlı	70,15	G	70,85	G
	Poliüretan	91,19	AB	90,51	ABC
	Sentetik	90,25	BC	87,98	E
Sıcak hava	Verniksiz	3,08	IJ	3,81	I
	Su bazlı	66,76	H	72,32	F
	Poliüretan	91,51	A*	90,64	ABC
	Sentetik	89,73	CD	88,06	E
LSD: ± 1,136					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.30'a göre; en yüksek parlaklık değeri, aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood ve sıcak hava yöntemleriyle ısıl işlem görmüş poliüretan vernikli çam örneklerde (91,59 ve 91,51), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere yağlı ısıl işlem görmüş verniksiz çam ve kayın örneklerinde (2,08 ve 1,97) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin, örneklerin parlaklık değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.31'de verilmiştir.

Çizelge 5.31. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Vernik çeşidi**	**Ağaç türü**			
		Sarıçam		Kayın	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	Verniksiz	2,89	OP	3,79	O
	Su bazlı	73,78	J	77,03	I
	Poliüretan	92,08	AB	91,08	BCDE
	Sentetik	92,97	A*	92,02	ABC
170 °C	Verniksiz	2,99	OP	3,18	OP
	Su bazlı	70,47	K	74,30	J
	Poliüretan	91,53	BCD	90,71	CDE
	Sentetik	91,65	BCD	91,71	ABCD
190 °C	Verniksiz	2,71	OP	2,93	OP
	Su bazlı	65,82	M	68,73	L
	Poliüretan	91,19	BCDE	90,53	DE
	Sentetik	91,01	BCDE	89,18	F
210 °C	Verniksiz	2,27	P	2,91	OP
	Su bazlı	60,85	N	68,19	L
	Poliüretan	90,91	BCDE	89,94	EF
	Sentetik	82,94	G	79,32	H
LSD: ± 1,311					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.31'e göre; en yüksek parlaklık değeri, ısıl işlemsiz (kontrol) sentetik vernik uygulanmış çam örneklerde (92,97), en düşük ise 210 °C'de ısıl işlemli verniksiz çam örneklerde (2,27) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin, örneklerin parlaklık değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.32'de verilmiştir.

Çizelge 5.32. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Vernik çeşidi**	**Isıl işlem yöntemi**					
		ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	Verniksiz	3,34	LM	3,34	LM	3,34	LM
	Su bazlı	75,41	G	75,41	G	75,41	G
	Poliüretan	91,58	ABC	91,58	ABC	91,58	ABC
	Sentetik	92,49	A*	92,49	A*	92,49	A*
170 °C	Verniksiz	3,75	L	1,77	MN	3,75	L
	Su bazlı	70,62	H	74,64	G	71,90	H
	Poliüretan	91,18	ABC	90,97	ABC	91,22	ABC
	Sentetik	91,38	ABC	91,79	AB	91,88	AB
190 °C	Verniksiz	3,37	LM	1,55	N	3,54	L
	Su bazlı	68,54	I	66,15	J	67,14	IJ
	Poliüretan	90,97	ABC	90,70	BCD	90,90	ABC
	Sentetik	90,10	CD	89,22	D	90,96	ABC
210 °C	Verniksiz	3,16	LM	1,46	N	3,16	LM
	Su bazlı	64,07	K	65,78	J	63,71	K
	Poliüretan	90,53	BCD	90,16	CD	90,60	BCD
	Sentetik	80,19	F	82,94	E	80,26	F
LSD: ± 1,606							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.32'e göre; en yüksek parlaklık değeri, ısıl işlemsiz (kontrol) sentetik vernik uygulanmış örneklerde (92,49), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere yağlı ısıl işlem yöntemiyle 190 °C ve 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş verniksiz örneklerde (1,55 ve 1,46) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşimine ilişkin, örneklerin parlaklık değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.33'te verilmiştir.

Çizelge 5.33. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	**Isıl işlem sıcaklığı**	**Vernik çeşidi**	**Ağaç türü**			
			Sarıçam		Kayın	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Thermo-Wood	170 °C	Verniksiz	3,49	STUV	4,02	S
		Su bazlı	67,25	OPQ	73,98	K
		Poliüretan	91,87	ABCD	90,48	BCDEF
		Sentetik	91,62	ABCD	91,13	ABCDE
	190 °C	Verniksiz	3,09	STUVW	3,65	STU

Çizelge 5.33. (devam) Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşimine ilişkin yüzey parlaklıkların Duncan testi karşılaştırması.

Thermo-Wood	190 °C	Su bazlı	65,40	Q	71,68	LM
		Poliüretan	91,45	ABCD	90,50	BCDEF
		Sentetik	91,05	ABCDE	89,15	EF
	210 °C	Verniksiz	2,49	STUVW	3,83	STU
		Su bazlı	58,72	R	69,42	MNO
		Poliüretan	90,95	ABCDE	90,10	CDEF
		Sentetik	80,15	HI	80,23	HI
Yağlı işlem	170 °C	Verniksiz	1,92	STUVW	1,62	UVW
		Su bazlı	74,55	K	74,73	K
		Poliüretan	91,12	ABCDE	90,82	ABCDE
		Sentetik	91,12	ABCDE	92,47	AB
	190 °C	Verniksiz	1,80	STUVW	1,29	VW
		Su bazlı	66,40	PQ	65,90	Q
		Poliüretan	90,92	ABCDE	90,48	BCDEF
		Sentetik	90,08	CDEF	88,37	FG
	210 °C	Verniksiz	1,72	TUVW	1,20	W
		Su bazlı	65,85	Q	65,72	Q
		Poliüretan	90,65	BCDE	89,67	DEF
		Sentetik	86,82	G	79,07	IJ
Sıcak hava	170 °C	Verniksiz	3,58	STU	3,92	ST
		Su bazlı	69,62	MN	74,18	K
		Poliüretan	91,62	ABCD	90,83	ABCDE
		Sentetik	92,22	ABC	91,53	ABCD
	190 °C	Verniksiz	3,24	STUVW	3,84	STU
		Su bazlı	65,67	Q	68,62	NOP
		Poliüretan	91,20	ABCDE	90,60	BCDEF
		Sentetik	91,88	ABCD	90,03	CDEF
	210 °C	Verniksiz	2,61	STUVW	3,70	STU
		Su bazlı	57,98	R	69,43	MNO
		Poliüretan	91,13	ABCDE	90,07	CDEF
		Sentetik	81,85	H	78,67	IJ
Kontrol		Verniksiz	2,89	STUVW	3,79	STU
		Su bazlı	73,78	KL	77,03	J
		Poliüretan	92,08	ABC	91,08	ABCDE
		Sentetik	92,97	A*	92,02	ABC
LSD: ± 2,271						

x̄: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 5.33'e göre; en yüksek parlaklık değeri, ısıl işlemsiz (kontrol) sentetik vernik uygulanmış çam örneklerinde (92,97), en düşük ise yağlı ısıl işlem yöntemiyle 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş verniksiz kayın örneklerinde (1,20) elde edilmiştir.

5.5. VERNİKLERİN YÜZEYE YAPIŞMA DİRENCİ

Farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklıklarda ısıl işlemli çam ve kayın odunu örneklerine

uygulanan verniklerin yüzeye yapışma dirençlerinin aritmetik ortalaması Çizelge 5.34'te verilmiştir.

Çizelge 5.34. Örneklerde verniklerin yüzeye yapışma dirençlerine ait aritmetik ortalamalar (MPa).

Isıl işlem yöntemi	**Isıl işlem sıcaklığı**	**Vernik çeşidi**	**Ağaç türü**			
			Sarıçam		Kayın	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Thermo-Wood	170 °C	Su bazlı	2,902	0,42	3,062	0,36
		Poliüretan	2,677	0,22	2,483	0,20
		Sentetik	3,177	0,38	3,558	0,35
	190 °C	Su bazlı	2,555	0,41	2,587	0,36
		Poliüretan	2,597	0,20	2,292	0,24
		Sentetik	2,965	0,34	2,993	0,28
	210 °C	Su bazlı	2,308	0,26	2,173	0,27
		Poliüretan	2,305	0,18	2,350	0,35
		Sentetik	2,918	0,31	2,793	0,42
Yağlı işlem	170 °C	Su bazlı	1,977	0,16	2,205	0,35
		Poliüretan	2,160	0,20	2,447	0,30
		Sentetik	2,942	0,33	3,782	0,36
	190 °C	Su bazlı	1,885	0,25	2,315	0,26
		Poliüretan	2,262	0,24	2,385	0,27
		Sentetik	3,038	0,35	3,608	0,25
	210 °C	Su bazlı	1,982	0,28	2,468	0,44
		Poliüretan	2,278	0,29	2,322	0,25
		Sentetik	3,030	0,20	3,647	0,34
Sıcak hava	170 °C	Su bazlı	3,525	0,24	3,633	0,25
		Poliüretan	2,845	0,27	3,007	0,21
		Sentetik	4,168	0,39	4,515	0,28
	190 °C	Su bazlı	3,007	0,27	3,113	0,28
		Poliüretan	2,613	0,34	2,465	0,20
		Sentetik	3,298	0,33	3,503	0,31
	210 °C	Su bazlı	2,887	0,19	2,805	0,22
		Poliüretan	2,578	0,31	2,397	0,22
		Sentetik	3,245	0,23	2,803	0,32
Kontrol		Su bazlı	3,525	0,38	3,633	0,26
		Poliüretan	2,845	0,36	3,007	0,33
		Sentetik	4,168	0,26	4,515	0,34

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

Çizelge 5.34 sonuçlarına göre; ağaç türü, ısıl işlem yöntemi, ısıl işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi değişkenlerine göre vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinde farklılıklar görülmüştür. Farklılıkların kaynaklandığı faktörleri belirlemek için ANOVA testi uygulanmış ve Çizelge 5,35'te sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 5.35. Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri için ANOVA sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	1,564	1,564	17,027	0,0000*
Isıl işlem yöntemi (B)	2	1,278	0,639	6,956	0,0011*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	74,487	24,829	270,369	0,0000*
Vernik çeşidi (D)	2	66,873	33,437	364,1	0,0000*
Etkileşim (AB)	2	3,041	1,521	16,558	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	0,814	0,271	2,954	0,0326*
Etkileşim (AD)	2	0,767	0,384	4,176	0,0161*
Etkileşim (BC)	6	3,777	0,629	6,855	0,0000*
Etkileşim (BD)	4	6,305	1,576	17,163	0,0000*
Etkileşim (CD)	6	7,275	1,213	13,204	0,0000*
Etkileşim (ABC)	6	1,126	0,188	2,044	ns
Etkileşim (ABD)	4	0,761	0,190	2,072	ns
Etkileşim (ACD)	6	0,931	0,155	1,690	ns
Etkileşim (BCD)	12	2,872	0,239	2,606	0,0024*
Etkileşim (ABCD)	12	0,931	0,078	0,845	ns
Hata	360	33,060	0,092		
Toplam	431	205,863			

*: 0,05'e göre önemli, ns: önemsiz

ANOVA testi sonuçlarına göre, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri üzerine ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı, ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-vernik çeşidi, ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi ile ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşimi önemsiz, diğer tüm faktörler ise önemli çıkmıştır (P ≤ 0,05). Ağaç türü, ısıl işlem yöntemi, ısıl işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi faktörleri düzeyinde, yapışma dirençleri arasındaki farkı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.36, 5.37, 5.38 ve 5.39'da verilmiştir.

Çizelge 5.36. Ağaç türüne ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	2,862	B
Kayın	2,982	A*
LSD: ± 0,05740		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.36'ya göre; yapışma direnci değeri, kayın örneklerinde yüksek (2,982), çam örneklerinde daha düşük (2,862) bulunmuştur.

Çizelge 5.37. Isıl işlem yöntemine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	$\bar{x}$	HG
ThermoWood	2,933	A*
Yağlı işlem	2,851	B
Sıcak hava	2,983	A*
LSD: ± 0,07030		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.37'ye göre; en yüksek yapışma direnci değeri, aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood ve sıcak hava yöntemleriyle ısıl işlemli örneklerde (2,933 ve 2,983) en düşük ise yağlı ısıl işlemli örneklerde (2,851) elde edilmiştir.

Çizelge 5.38. Isıl işlem sıcaklığına ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	$\bar{x}$	HG
Kontrol	3,616	A*
170 ℃	2,854	B
190 ℃	2,678	C
210 ℃	2,542	D
LSD: ± 0,08117		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik grubu; *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.38'e göre; en yüksek yapışma direnci değeri, kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerde (3,616), en düşük ise 210 ℃'de ısıl işlemli örneklerde (2,542) elde edilmiştir.

Çizelge 5.39. Vernik çeşidine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Su bazlı	2,776	B
Poliüretan	2,531	C
Sentetik	3,460	A*
LSD: ± 0,07030		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.39'a göre; en yüksek yapışma direnci değeri, sentetik vernikli örneklerde (3,460), en düşük ise poliüretan vernikli örneklerde (2,531) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi ikili etkileşimine ilişkin, yapışma direnci değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.40'ta verilmiştir.

Çizelge 5.40. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	**Ağaç türü**			
	Sarıçam		Kayın	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
ThermoWood	2,912	B	2,954	AB
Yağlı işlem	2,674	C	3,028	A*
Sıcak hava	3,000	AB	2,966	AB
LSD: ± 0,09942				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.40'a göre; en yüksek yapışma direnci değeri, yağlı ısıl işlemli kayın örneklerde (3,028), en düşük ise yağlı ısıl işlemli çam örneklerde (2,674) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin, yapışma direnci değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.41'de verilmiştir.

Çizelge 5.41. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Ağaç türü**			
	Sarıçam		Kayın	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	3,513	B	3,718	A*
170 °C	2,750	D	2,958	C
190 °C	2,668	DE	2,687	D
210 °C	2,518	F	2,567	EF
LSD: ± 0,1148				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.41'e göre; en yüksek yapışma direnci değeri, kontrol (ısıl işlemsiz) kayın örneklerde (3,718), en düşük ise 210 °C'de ısıl işlemli çam örneklerde (2,518) elde edilmiştir.

Ağaç türü- vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, yapışma direnci değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.42'de verilmiştir.

Çizelge 5.42. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Ağaç türü**			
	Sarıçam		Kayın	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Su bazlı	2,720	D	2,831	C
Poliüretan	2,520	E	2,542	E
Sentetik	3,347	B	3,574	A*
LSD: ± 3,574				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.42'e göre; en yüksek yapışma direnci değeri, sentetik vernik uygulanmış kayın örneklerinde (3,574), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere poliüretan vernik uygulanmış çam ve kayın örneklerinde (2,520 ve 2,542) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin, yapışma direnci değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.43'te verilmiştir.

Çizelge 5.43. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Isıl işlem yöntemi**					
	ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	3,616	A*	3,616	A*	3,616	A*
170 °C	2,976	B	2,585	DE	3,000	B
190 °C	2,665	CD	2,582	DE	2,786	C
210 °C	2,475	E	2,621	D	2,531	DE
LSD: ± 0,1406						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurubu; *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.43'e göre; en yüksek yapışma direnci değeri, kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerde (3,616), en düşük ise ThermoWood yöntemiyle 210 °C'de ısıl işlemli örneklerde (2,475) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, yapışma direnci değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.44'te verilmiştir.

Çizelge 5.44. Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Isıl işlem yöntemi**					
	ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Su bazlı	2,843	D	2,499	E	2,985	C
Poliüretan	2,569	E	2,463	E	2,560	E
Sentetik	3,386	B	3,591	A*	3,404	B
LSD: ± 0,1218						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.44'e göre; en yüksek yapışma direnci değeri, yağlı işlem yöntemiyle ısıl işlem görmüş sentetik vernikli örneklerde (3,591), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere ThermoWood, yağlı işlem ve sıcak hava yöntemleriyle ısıl işlem görmüş poliüretan vernikli örnekler (2,569, 2,463 ve 2,560) ile yağlı işlem yöntemiyle ısıl işlem görmüş su bazlı vernikli örneklerde (2,499) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı -vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, yapışma direnci değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.45'te verilmiştir.

Çizelge 5.45. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Isıl işlem sıcaklığı**							
	Kontrol		170 °C		190 °C		210 °C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Su bazlı	3,579	B	2,711	F	2,506	G	2,308	H
Poliüretan	2,926	E	2,474	G	2,418	GH	2,304	H
Sentetik	4,342	A*	3,377	C	3,109	D	3,014	DE
LSD: ± 0,1406								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.45'e göre; en yüksek yapışma direnci değeri, ısıl işlemsiz (kontrol) sentetik vernik uygulanmış örneklerde (4,342), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş su bazlı ve poliüretan vernikli örneklerde (2,308 ve 2,304) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin, yapışma direnci değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.46'da verilmiştir.

Çizelge 5.46. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin yapışma dirençlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	Vernik çeşidi	Isıl işlem yöntemi					
		ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	Su bazlı	3,579	B	3,579	B	3,579	B
	Poliüretan	2,926	D	2,926	D	2,926	D
	Sentetik	4,342	A*	4,342	A*	4,342	A*
170 °C	Su bazlı	2,982	D	2,091	J	3,060	D
	Poliüretan	2,580	E	2,303	GHIJ	2,539	EFG
	Sentetik	3,368	BC	3,362	BC	3,401	BC
190 °C	Su bazlı	2,571	EF	2,100	J	2,846	D
	Poliüretan	2,444	EFGHI	2,323	GHIJ	2,487	EFGH
	Sentetik	2,979	D	3,323	C	3,024	D
210 °C	Su bazlı	2,241	IJ	2,225	IJ	2,457	EFGHI
	Poliüretan	2,328	FGHIJ	2,300	GHIJ	2,286	HIJ
	Sentetik	2,856	D	3,338	BC	2,849	D
LSD: ± 0,2435							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek yapışma direnci değeri

Çizelge 5.46'ya göre; en yüksek yapışma direnci değeri, ısıl işlemsiz (kontrol) sentetik vernik uygulanmış örneklerde (4,342), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere yağlı ısıl işlem yöntemiyle 170 °C ve 190 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş su bazlı vernik uygulanmış örneklerde (2,091 ve 2,100) elde edilmiştir.

5.6. TOPLAM RENK DEĞİŞİMİ

Farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklıklarda ısıl işlemli çam ve kayın örneklerin farklı vernik uygulamaları sonrası toplam renk değişim değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.47'de verilmiştir.

Çizelge 5.47. Örneklerin toplam renk değişim değerleri (*ΔE**).

Isıl işlem yöntemi	Isıl işlem sıcaklığı	Vernik çeşidi	Ağaç türü			
			Sarıçam		Kayın	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Thermo-Wood	170 °C	Su bazlı	4,57	0,55	6,50	1,48
		Poliüretan	7,28	0,81	13,73	0,69
		Sentetik	11,70	0,95	13,73	1,37
	190 °C	Su bazlı	10,61	1,30	9,85	1,42
		Poliüretan	10,63	0,48	8,56	1,25
		Sentetik	16,80	1,26	13,60	1,30
	210 °C	Su bazlı	13,22	0,90	12,78	1,08

Çizelge 5.47. (devam) Örneklerin toplam renk değişim değerleri (*ΔE*).*

Thermo-Wood	210 ℃	Poliüretan	13,39	0,80	10,86	1,20
		Sentetik	18,85	0,99	16,48	1,11
Yağlı işlem	170 ℃	Su bazlı	3,45	0,78	10,19	1,33
		Poliüretan	7,83	1,12	15,16	0,77
		Sentetik	7,58	0,73	16,36	1,41
	190 ℃	Su bazlı	1,91	0,94	12,48	2,20
		Poliüretan	11,25	1,45	15,27	0,75
		Sentetik	9,77	1,37	18,41	1,17
	210 ℃	Su bazlı	4,49	2,13	14,65	2,69
		Poliüretan	12,42	1,48	17,08	0,91
		Sentetik	15,05	1,10	21,41	1,27
Sıcak hava	170 ℃	Su bazlı	5,48	1,31	7,95	1,73
		Poliüretan	9,17	1,13	8,36	1,52
		Sentetik	12,32	0,85	12,68	1,88
	190 ℃	Su bazlı	9,70	0,94	9,13	0,72
		Poliüretan	12,23	1,48	9,05	0,39
		Sentetik	15,63	1,12	15,02	0,65
	210 ℃	Su bazlı	14,15	0,79	15,51	0,38
		Poliüretan	14,53	1,47	11,92	0,64
		Sentetik	20,17	1,33	18,87	1,54
Kontrol		Su bazlı	6,13	0,45	8,58	0,84
		Poliüretan	7,92	0,51	7,86	1,17
		Sentetik	11,69	0,82	12,29	2,04

x̄: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

Çizelge 5.47 sonuçlarına göre; ağaç türü, ısıl işlem yöntemi, ısıl işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi değişkenlerine göre deney örneklerinin toplam renk değişiminde farklılıklar görülmüştür. Farklılıkların kaynaklandığı faktörleri belirlemek için ANOVA testi uygulanmış ve Çizelge 5,4'te sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 5.48. Örneklerde toplam renk değişim değerleri için ANOVA sonuçları.

Faktör	**Serbestlik derecesi**	**Kareler toplamı**	**Kareler ortalaması**	**F değeri**	**P ≤ 0,05**
Ağaç türü (A)	1	332,099	332,099	227,789	0,0000*
Isıl işlem yöntemi (B)	2	31,837	15,919	10,919	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	2288,006	762,669	523,121	0,0000*
Vernik çeşidi (D)	2	2444,776	1222,388	838,446	0,0000*
Etkileşim (AB)	2	909,230	454,615	311,824	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	70,825	23,608	16,193	0,0000*
Etkileşim (AD)	2	152,713	76,357	52,374	0,0000*
Etkileşim (BC)	6	86,756	14,459	9,918	0,0000*
Etkileşim (BD)	4	249,843	62,461	42,842	0,0000*
Etkileşim (CD)	6	76,017	12,669	8,690	0,0000*
Etkileşim (ABC)	6	329,948	54,991	37,719	0,0000*
Etkileşim (ABD)	4	8,361	2,090	1,434	ns

Çizelge 5.48. (devam) Örneklerde toplam renk değişim değerleri için ANOVA sonuçları.

Etkileşim (ACD)	6	23,728	3,955	2,713	0,0137*
Etkileşim (BCD)	12	165,741	13,812	9,474	0,0000*
Etkileşim (ABCD)	12	54,296	4,525	3,104	0,0003*
Hata	360	524,851	1,458		
Toplam	431	7749,026			

*: 0,05'e göre önemli, ns: önemsiz

ANOVA testi sonuçlarına göre, örneklerin toplam renk değişimi değeri üzerine ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-vernik çeşidi üçlü etkileşimi önemsiz, diğer tüm faktörler ise önemli çıkmıştır ($P \leq 0,05$). Ağaç türü, ısıl işlem yöntemi, ısıl işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi faktörleri düzeyinde, örneklerin toplam renk değişimleri arasındaki farkı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.49, 5.50, 5.51 ve 5.52'de verilmiştir.

Çizelge 5.49. Ağaç türüne ilişkin toplam renk değişim değerlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Ağaç türü	$\bar{x}$	**HG**
Sarıçam	10,32	B
Kayın	12,07	A*
LSD: ± 0,2285		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.49'a göre; toplam renk değişimi değeri, kayın örneklerinde yüksek (12,07), çam örneklerinde daha düşük (10,32) bulunmuştur.

Çizelge 5.50. Isıl işlem yöntemine ilişkin toplam renk değişim değerlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	$\bar{x}$	**HG**
ThermoWood	10,85	C
Yağlı işlem	11,22	B
Sıcak hava	11,51	A*
LSD: ± 0,2798		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.50'ye göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, sıcak hava yöntemiyle ısıl işlemli örneklerde (11,51) en düşük ise ThermoWood yöntemiyle ısıl işlemli örneklerde (10,85) elde edilmiştir.

Çizelge 5.51. Isıl işlem sıcaklığına ilişkin toplam renk değişim değerlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	$\bar{x}$	**HG**
Kontrol	9,08	C
170 ℃	9,27	C
190 ℃	11,66	B
210 ℃	14,77	A*
LSD: ± 0,3231		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik grubu; *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.51'e göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, 210 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş örneklerde (14,77), en düşük ise aralarında önemli bir fark olmamak üzere ısıl işlemsiz (kontrol) ve 170 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş örneklerde (9,08 ve 9,27) elde edilmiştir.

Çizelge 5.52. Vernik çeşidine ilişkin toplam renk değişim değerlerinin Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	**HG**
Su bazlı	8,78	C
Poliüretan	10,37	B
Sentetik	14,43	A*
LSD: ± 0,2798		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.52'ye göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, sentetik vernikli örneklerde (14,43), en düşük ise su bazlı vernikli örneklerde (8,78) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin toplam renk değişim değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.53'te verilmiştir.

Çizelge 5.53. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi ikili etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	**Ağaç türü**			
	Sarıçam		Kayın	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
ThermoWood	11,07	C	10,63	D
Yağlı işlem	8,29	E	14,15	A*
Sıcak hava	11,59	B	11,43	BC
LSD: ± 0,3958				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.53'e göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, yağlı ısıl işlemli kayın örneklerde (14,15), en düşük ise yağlı ısıl işlemli çam örneklerde (8,29) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin toplam renk değişim değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.54'te verilmiştir.

Çizelge 5.54. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Ağaç türü**			
	Sarıçam		Kayın	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	8,58	F	9,58	E
170 ℃	7,71	G	10,83	D
190 ℃	10,95	D	12,38	C
210 ℃	14,03	B	15,51	A*
LSD: ± 0,4570				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.54'e göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, 210 ℃'de ısıl işlemli kayın örneklerde (15,51), en düşük ise 170 ℃'de ısıl işlemli çam örneklerde (7,71) elde edilmiştir.

Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin toplam renk değişim değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.55'te verilmiştir.

Çizelge 5.55. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Ağaç türü**			
	Sarıçam		Kayın	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Su bazlı	7,17	D	10,40	C
Poliüretan	10,21	C	10,53	C
Sentetik	13,58	B	15,28	A*
LSD: ± 0,3958				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.55'e göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, sentetik vernik uygulanmış kayın örneklerde (15,28), en düşük ise su bazlı vernikli çam örneklerde (7,17) belirlenmiştir.

Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin toplam renk değişim değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.56'da verilmiştir.

Çizelge 5.56. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşime ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Isıl işlem yöntemi**					
	ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	9,08	E	9,08	E	9,08	E
170 °C	8,38	F	10,09	D	9,32	E
190 °C	11,68	C	11,52	C	11,79	C
210 °C	14,26	B	14,18	B	15,86	A*
LSD: ± 0,5597						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.56'ya göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, sıcak hava yöntemiyle 210 °C'de ısıl işlemli örneklerde (15,86), en düşük ise ThermoWood yöntemiyle 170 °C'de ısıl işlemli örneklerde (8,38) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin, örneklerin toplam renk değişim değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.57'de verilmiştir.

Çizelge 5.57. Isıl işlem yöntemi-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Isıl işlem yöntemi**					
	ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Su bazlı	9,03	F	7,74	G	9,58	E
Poliüretan	9,13	EF	11,85	C	10,13	D
Sentetik	14,39	AB	14,07	B	14,83	A*
LSD: ± 0,4847						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.57'ye göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, sıcak hava yöntemiyle ısıl işlem görmüş sentetik vernikli örneklerde (14,83), en düşük ise yağlı işlem yöntemiyle ısıl işlem görmüş su bazlı vernikli örneklerde (7,74) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşime ilişkin, örneklerin toplam renk değişim değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması

Çizelge 5.58'de verilmiştir.

Çizelge 5.58. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Vernik çeşidi	**Isıl işlem sıcaklığı**							
	Kontrol		170 °C		190 °C		210 °C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Su bazlı	7,36	G	6,36	H	8,95	F	12,47	D
Poliüretan	7,89	G	9,05	F	11,17	E	13,37	C
Sentetik	11,99	D	12,40	D	14,87	B	18,47	A*
LSD: ± 0,5597								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.58'e göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, 210 °C sıcaklıkta ısıl işlemli sentetik vernik uygulanmış örneklerde (18,47), en düşük ise 170 °C sıcaklıkta ısıl işlemli su bazlı vernik uygulanmış örneklerde (6,36) elde edilmiştir.

Ağaç türü- ısıl işlem sıcaklığı- ısıl işlem yöntemi üçlü etkileşimine ilişkin, örneklerin toplam renk değişim değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.59'de verilmiştir.

Çizelge 5.59. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimine ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	**Isıl işlem sıcaklığı**	**Ağaç türü**			
		Sarıçam		Kayın	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
ThermoWood	Kontrol	8,58	IJ	9,58	H
	170 °C	7,85	JK	8,92	HI
	190 °C	12,68	EF	10,67	G
	210 °C	15,16	C	13,37	DE
Yağlı işlem	Kontrol	8,58	IJ	9,58	H
	170 °C	6,29	L	13,90	D
	190 °C	7,64	K	15,39	C
	210 °C	10,65	G	17,72	A*
Sıcak hava	Kontrol	8,58	IJ	9,58	H
	170 °C	8,99	HI	9,66	H
	190 °C	12,52	F	11,07	G
	210 °C	16,28	B	15,44	C
LSD: ± 0,7915					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.59'a göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, yağlı işlem yöntemiyle 210

℃'de ısıl işlemli kayın örneklerde (17,72), en düşük ise yağlı ısıl işlem yöntemiyle 170 ℃'de ısıl işlemli çam örneklerde (6,29) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşime ilişkin, örneklerin toplam renk değişim değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.60'ta verilmiştir.

Çizelge 5.60. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşime ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Vernik çeşidi**	**Ağaç türü**			
		Sarıçam		Kayın	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	Su bazlı	6,13	M	8,58	K
	Poliüretan	7,92	KL	7,86	KL
	Sentetik	11,69	FG	12,29	F
170 ℃	Su bazlı	4,50	N	8,21	K
	Poliüretan	8,09	KL	10,01	J
	Sentetik	10,54	IJ	14,26	D
190 ℃	Su bazlı	7,41	L	10,49	IJ
	Poliüretan	11,37	GH	10,96	GHI
	Sentetik	14,07	DE	15,68	C
210 ℃	Su bazlı	10,62	HIJ	14,32	D
	Poliüretan	13,45	E	13,29	E
	Sentetik	18,02	B	18,92	A*
LSD: ± 0,7915					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.60'a göre; en yüksek renk değişim değeri, 210 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş sentetik vernikli kayın örneklerde (18,92), en düşük ise 170 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş su bazlı vernikli çam örneklerde (4,50) elde edilmiştir.

Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimine ilişkin, örneklerin toplam renk değişim değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.61'de verilmiştir.

Çizelge 5.61. Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşime ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem sıcaklığı	**Vernik çeşidi**	**Isıl işlem yöntemi**					
		ThermoWood		Yağlı işlem		Sıcak hava	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Kontrol	Su bazlı	7,36	OP	7,36	OP	7,36	OP

Çizelge 5.61. (devam) Isıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşime ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Kontrol	Poliüretan	7,89	NO	7,89	NO	7,89	NO
	Sentetik	11,99	HI	11,99	HI	11,99	HI
170 °C	Su bazlı	5,54	Q	6,82	P	6,71	P
	Poliüretan	6,90	P	11,49	IJ	8,76	MN
	Sentetik	12,72	FGH	11,97	HI	12,50	FGH
190 °C	Su bazlı	10,23	KL	7,20	OP	9,41	LM
	Poliüretan	9,60	LM	13,26	EF	10,64	JK
	Sentetik	15,20	C	14,09	DE	15,33	C
210 °C	Su bazlı	13,00	FG	9,57	LM	14,83	CD
	Poliüretan	12,12	GHI	14,75	CD	13,23	EF
	Sentetik	17,66	B	18,23	B	19,52	A*
LSD: ± 0,9694							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama; HG: Homojenlik gurub; *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.61'e göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, sıcak hava yöntemi ile 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem gören sentetik vernikli örneklerde (19,52), en düşük ise ThermoWood yöntemiyle 170 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş su bazlı vernikli örneklerde (5,54) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşime ilişkin, örneklerin toplam renk değişim değerlerindeki farklılaşmayı belirlemek için gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırması Çizelge 5.62'te verilmiştir.

Çizelge 5.62. Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşime ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Isıl işlem yöntemi	**Isıl işlem sıcaklığı**	**Vernik çeşidi**	**Ağaç türü**			
			Sarıçam		Kayın	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Thermo-Wood	170 °C	Su bazlı	4,57	^_	6,50	[\]
		Poliüretan	7,28	Z[\	13,73	[\]
		Sentetik	11,70	QRS	13,73	KLMN
	190 °C	Su bazlı	10,61	STU	9,85	UVW
		Poliüretan	10,63	STU	8,56	WXYZ
		Sentetik	16,80	EF	13,60	LMNO
	210 °C	Su bazlı	13,22	MNOP	12,78	NOPQ
		Poliüretan	13,39	LMNO	10,86	STU
		Sentetik	18,85	BC	16,48	EFG
Yağlı işlem	170 °C	Su bazlı	3,45	_	10,19	TUV
		Poliüretan	7,83	YZ[	15,16	GHIJ
		Sentetik	7,58	Z[	16,36	EFGH
	190 °C	Su bazlı	1,91	`	12,48	NOPQR
		Poliüretan	11,25	RST	15,27	GHIJ

Çizelge 5.62. (devam) Ağaç türü-ısıl işlem yöntemi-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşime ilişkin toplam renk değişim değerleri Duncan testi karşılaştırması.

Yağlı işlem	190 °C	Sentetik	9,77	UVW	18,41	CD
	210 °C	Su bazlı	4,49	^_	14,65	IJKL
		Poliüretan	12,42	NOPQR	17,08	DE
		Sentetik	15,05	HIJK	21,41	A*
Sıcak hava	170 °C	Su bazlı	5,48	]^	7,95	YZ
		Poliüretan	9,17	VWXY	8,36	XYZ
		Sentetik	12,32	OPQR	12,68	NOPQ
	190 °C	Su bazlı	9,70	UVWX	9,13	VWXY
		Poliüretan	12,23	OPQR	9,05	VWXY
		Sentetik	15,63	FGHI	15,02	HIJK
	210 °C	Su bazlı	14,15	JKLM	15,51	FGHIJ
		Poliüretan	14,53	IJKLM	11,92	PQRS
		Sentetik	20,17	AB	18,87	BC
Kontrol		Su bazlı	6,13	\]	8,58	WXYZ
		Poliüretan	7,92	YZ	7,86	YZ[
		Sentetik	11,69	QRS	12,29	OPQR
LSD: ± 1,371						

x̄: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 5.62'ye göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, yağlı ısıl işlem yöntemiyle 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş sentetik vernikli kayın örneklerde (21,41), en düşük ise yağlı ısıl işlem yöntemiyle 190 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş su bazlı vernikli çam örneklerde (1,91) elde edilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında; sarıçam ve Avrupa kayını örnekleri yüzeylerine uygulanan verniklerin katman özelliklerine farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklık koşullarında uygulanan ısıl işlemlerin etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, elde edilen bulgular irdelenerek yorumlanmış ve bilimsel literatür ile endüstriyel uygulamalara yönelik öneriler sunulmuştur.

6.1. YÜZEY SERTLİĞİ

Farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklıklarda ısıl işlem sonrası çeşitli vernikler uygulanmış ahşap örneklerin yüzey sertlik değeri üzerinde ağaç türünün etkisi önemli bulunmuştur. Yüzey sertlik değeri çam örneklere göre kayın örneklerinde daha yüksek belirlenmiştir. Kayın odununda yoğunluğun fazla ve yıllık halkalar arasında yoğunluk farklılığının daha az olmasının (daha homojen bir yapı) sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Literatürde, ağaç malzeme özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerin başında yoğunluk geldiği ve yoğunluk arttıkça ağaç malzemede sertlik ve mekanik özelliklerinde arttığı ifade edilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 1995; Örs ve Keskin, 2008).

Deney örneklerinin yüzey sertliği üzerine ısıl işlem yönteminin etkisi önemli bulunmuştur. Her iki ağaç türü için, en yüksek yüzey sertlik değeri ThermoWood ve sıcak hava yöntemleriyle ısıl işlem görmüş örneklerde belirlenmiş, en düşük ise yağlı ısıl işlemli örneklerde elde edilmiştir. ThermoWood ve sıcak hava yöntemleri ile ısıl işlem görmüş örneklerin yüzey sertlik değeri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Tüm sıcaklık seviyelerinde, hem vernik öncesi hem de vernikleme sonrası yüzey sertlik değerleri yağlı ısıl işlem görmüş örneklerde daha düşük belirlenmiştir. Bu örneklerde, ısıl işlem öncesi yapılan bezir yağı emprenyesinin yüzey sertlik değerlerini azaltan bir etki yaptığı ve aynı etkinin vernikleme sonrası da devam ettiği görülmüştür.

Çam ve kayın odunu örneklerinin yüzey sertlik değeri üzerinde ısıl işlem sıcaklığının etkisi önemlidir. Çam örnekler için, en yüksek yüzey sertlik değeri kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerde belirlenirken, diğer tüm sıcaklık seviyelerinde (170 °C, 190 °C ve 210 °C) aralarındaki fark önemsiz olmak üzere daha düşük belirlenmiştir. Kayın

örneklerde ise, en yüksek yüzey sertlik değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere kontrol (ısıl işlemsiz) ve 210 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş örneklerde belirlenirken, en düşük, yine aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 170 ℃ ve 190 ℃ sıcaklıkta ısıl işlem görmüş örneklerde tespit edilmiştir. Hem verniksiz hem de vernikli örneklerde, ThermoWood ve sıcak hava yöntemleri ile ısıl işlem sonrası yüzey sertlik değerleri kontrol (ısıl işlemsiz) örneklere göre biraz artmıştır. Bu durum, ısıl işlem sonrası örneklerin denge rutubet miktarındaki düşüşle açıklanabilir. Zira iyi bilinmektedir ki ısıl işlemli ahşabın denge rutubet miktarı işlemsiz ahşaba göre azalır. Literatürde, ağaç malzemede yüksek rutubetin yüzey sertliği düşürücü etkide bulunduğu ve %8 rutubet miktarında %10-%12 rutubete göre daha yüksek yüzey sertlik değerlerinin elde edildiği belirtilmiştir (Pelit, 2007; Sönmez ve ark., 2011). Diğer taraftan, yağlı ısıl işlem sonrası yüzey sertlik değerleri kontrol (ısıl işlemsiz) örneklere göre azalmıştır. Ancak tüm yöntemlerde, ısıl işlem sıcaklığındaki farklılaşmanın yüzey sertlik değerleri üzerinde çok belirgin bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Önceki bir çalışmada, ısıl işlem görmüş (ThermoWood metodu ile) ve verniklenmiş çam odunu için, daha düşük sıcaklık ve sürede ısıl işlemli örneklerin pandüllü sertliğinin arttığı ancak, sıcaklık ve süre artışı ile sertliğin tekrar azaldığı ifade edilmiştir (Gürleyen ve ark., 2017). Ayrıca, ısıl işlem sonrası vernikli örneklerin yüzey sertliğinin, işlem görmemiş vernikli örneklere göre daha düşük olduğunu ve yüzey sertliğinin çalışmada kullanılan vernikler ve ağaç türleri için kontrol gruplarına göre ısıl işlem sıcaklık ve süresi arttıkça genel olarak azaldığını rapor etmiştir (Çakıcıer ve ark., 2011).

Örneklerin yüzey sertlik değeri üzerinde vernik çeşidinin etkisi önemli bulunmuştur. Her iki ağaç türünde en yüksek yüzey sertlik değeri, poliüretan vernik uygulanmış örneklerde belirlenmiş ve bunu sırası ile su bazlı vernik uygulanmış örnekler ve verniksiz örnekler izlemiştir. En düşük sertlik değerleri ise sentetik vernik uygulanmış örneklerde belirlenmiştir. Poliüretan ve su bazlı vernik uygulanmış örneklerde verniksiz örneklere göre yüzey sertlik değeri artmıştır. Bu durum, kurumuş vernik katman sertliğinin ahşap malzemenin sertliğinden daha yüksek olması ile açıklanabilir. Sentetik vernik uygulanmış örneklerde ise, yüzey sertlik değeri, verniksiz örneklere göre azalmıştır. Sentetik verniklerin reçine özelliklerine bağlı olarak ağaç malzeme yüzeylerinde daha esnek bir katman oluşturmalarının sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Literatürde, sentetik verniklerin üretiminde kullanılan yağlardan dolayı diğer verniklere göre daha yumuşak ve esnek katmanlar verdiği ve bu yağların fazlaca

kullanıldığı durumlarda katman sertliğinin azaldığı ve esnekliğin arttığı ifade edilmiştir (Sönmez ve Budakçı, 2004).

Sonuç olarak, ağaç malzemelere uygulanan farklı özellikteki verniklerin sertlik değerleri üzerinde, ısıl işlem sıcaklığı etkisine göre ısıl işlem yönteminin daha önemli olduğu ayrıca, vernikli yüzeylerin sertlik özelliklerine hem zemindeki ağaç türü özelliklerinin hem de vernik türünün etki ettiği söylenebilir.

6.2. YÜZEY PARLAKLIĞI

Farklı ısıl işlem yöntemleri ve sıcaklıkları ile muamele edildikten sonra çeşitli vernikler uygulanmış ahşap örneklerin yüzey parlaklık değeri üzerinde ağaç türünün etkisi önemli bulunmuştur. Yüzey parlaklık değeri çam örneklere göre kayın örneklerinde daha yüksek belirlenmiştir. Ağaç türlerinde makroskobik yapı özelliklerinin sonuçlar üzerine etki ettiği söylenebilir. Zira, kayın odununda öz ışınların radyal kesitte şeritler halinde bulunması parlaklığı arttıran bir etki yapar (Bozkurt ve Erdin, 2011; Örs ve Keskin, 2008). Çalışmada kullanılan ahşap örneklerin geniş yüzeyleri radyal kesit olarak hazırlanmış ve ölçümler de bu kesitten alınmıştır.

Ahşap örneklerin yüzey parlaklık değeri üzerinde ısıl işlem yönteminin etkisi önemsiz bulunmuştur. Parlaklık değerleri her üç yöntemde de (ThermoWood, yağlı işlem ve sıcak hava) benzer bulunmuş ve bulunan değerler arasında istatistiksel açıdan fark önemsizdir. Örneklerin yüzey parlaklığında doğrudan etkili olan faktörün son yüzey işlemleri (vernik uygulaması) olduğu söylenebilir.

Deney örneklerinin yüzey parlaklık değerleri üzerinde ısıl işlem sıcaklığının etkisi önemlidir. Her iki ağaç türü için, en yüksek parlaklık değeri kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerinde, en düşük ise 210 °C'de ısıl işlem uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Isıl işlem uygulamasında sıcaklık artışı sonucu çam ve kayın örneklerinde parlaklık değeri azalmıştır. Kontrol (ısıl işlemsiz) örneklere göre, 210 °C sıcaklıkta ısıl işlemli çam ve kayın örneklerin parlaklık değeri sırası ile %9,5 ve %8,9 azalmıştır. Literatürde, ısıl işlem sıcaklığındaki artışın ahşap örneklerde parlaklık özelliklerini azalttığı ve bununda, sıcaklık artışına bağlı olarak örneklerin pürüzlülük değerindeki artıştan ve renkteki koyulaşma nedeniyle, yüzeye gelen ışığın bir miktar emilmesi sonucu şiddetinin azalması ve yansıma açısındaki değişmeden kaynaklanabileceği ifade

edilmiştir (Pelit, 2014; Pelit ve ark., 2015). Farklı ağaç türleri için gerçekleştirilen ısıl işlemlerde proses koşullarına bağlı olarak parlaklığın genellikle azaldığı rapor edilmiştir (Aksoy ve ark., 2011; Karamanoğlu ve Akyıldız, 2013; Korkut ve ark., 2013; Gürleyen ve ark., 2018). Ayrıca, ısıl işlemli ağaç malzemelere uygulanan farklı verniklerde parlaklığın ısıl işlem sıcaklığındaki artış sonucu azaldığı belirtilmiştir (Özalp ve ark., 2009; Çakıcıer ve ark., 2011a,b; Pelit ve ark., 2015).

Örneklerin yüzey parlaklık değeri üzerinde vernik çeşidinin etkisi önemli bulunmuştur. Her iki ağaç türünde en yüksek parlaklık değeri, poliüretan vernik uygulanmış örneklerde belirlenmiş ve bunu sırası ile sentetik ve su bazlı vernik uygulanmış örnekler izlemiştir. En düşük parlaklık değerleri ise verniksiz örneklerde ölçülmüştür. Tüm vernik uygulamalarından sonra yüzey parlaklık değerleri önemli oranda artmıştır. Bu durumun, çalışmada kullanılan verniklerin parlak özellikte olmasından ve vernik katmanlarının yüzeye gelen ışığın şiddetini çok fazla etkilemeden aynı veya benzer açıyla geri yansıtmış olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Literatürde, kusursuz düzgün yüzeylerde belirli bir açı ile gelen ışığın aynı ya da benzer bir açı ile geri yansıtıldığı bildirilmiştir (Sönmez, 1989). Verniklerin parlaklık değerlerindeki farklılaşma ise, yapısal özelliklerinden (reçine tipi, kuruma mekanizması, formülasyon vb..) ve ayrıca, uygulama gerecinin farklılaşmasından kaynaklanmış olabilir. Üretici firma önerilerine göre, su bazlı ve sentetik vernikler fırça ile poliüretan vernik ise püskürtme tabancası ile uygulanmıştır. Literatürde, vernik katmanı parlaklık değerinin malzeme yüzeyinin düzgünlüğüne bağlı olduğu, parlaklığında gözenekleri tam doldurulmuş pürüzsüz ve düzgün bir malzeme yüzeyine uygulanan vernik katmanında sağlanabileceği belirtilmiştir (Şanıvar, 2001).

Sonuç olarak, çam ve kayın odunu yüzeylerine uygulanan farklı özellikteki verniklerin parlaklık özellikleri üzerine ısıl işlem yöntemi etkisinin önemli olmadığı ancak, ısıl işlem sıcaklığı artışının matlaştırıcı bir etki yaptığı (özellikle sentetik ve su bazlı vernikler için) söylenebilir.

6.3. YAPIŞMA DİRENCİ

Farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklıklarda ısıl işlem sonrası ahşap örneklere uygulanan çeşitli verniklerin yüzeye yapışma direnci üzerinde ağaç türünün etkisi önemli bulunmuştur. Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci çam örneklere göre kayın

örneklerinde daha yüksek elde edilmiştir. Kayın odununun dağınık küçük traheli ve daha az heterojen yapısı nedeniyle daha düzgün bir yüzeye sahip olmasından dolayı, vernik katmanı ile güçlü bir spesifik adezyon bağı kurmasından kaynaklanmış olabilir (Atar, 1999; Budakçı, 2003).

Ahşap örneklerde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri üzerinde ısıl işlem yönteminin etkisi önemli bulunmuştur. Çam örnekler için, en yüksek yapışma direnci değeri sıcak hava yöntemiyle ısıl işlemli örneklerde, en düşük ise yağlı ısıl işlemli örneklerde belirlenmiştir. Kayın örnekler için, yapışma direncine ilişkin ısıl işlem yöntemleri arasında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Yağlı ısıl işlemde, bezir yağı ile emprenye işlemi sonrası kurumuş yağ tabakasının çam örneklerdeki vernik yapışma direncini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bu durum, ağaç malzeme boşluklarına yerleşen yağ tabakasının, vernikle ağaç malzeme arasında kurulan mekanik adezyonu azaltmış olması ile açıklanabilir. Önceki çalışmalarda, yağ içerikli koruyucu ile muamele edilen ağaç malzemeler için sonrasında uygulanan vernik veya boyaların adezyon direncinin düştüğü belirtilmiştir (Sönmez ve Budakçı 2001; Budakçı ve Sönmez, 2005). Ayrıca, bezir yağı kullanılarak ısıl işlem görmüş çam ve göknar odunu örneklerinde su bazlı verniklerin adezyon direncinin azaldığı ifade edilmiştir (Kesik ve ark., 2017).

Çam ve kayın odunu örneklerinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci üzerinde ısıl işlem sıcaklığının etkisi önemli bulunmuştur. Her iki ağaç türünde, en yüksek vernik yapışma direnci kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerde, en düşük ise 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Tüm yöntemlerle uygulanan ısıl işlemler sonrası yapışma direnci değerleri ısıl işlemsiz (kontrol) örneklerine göre azalmıştır. Sıcak hava ve ThermoWood yöntemlerinde, ısıl işlem sıcaklığındaki artış ile yapışma direnci değerleri ayrıca azalmıştır. Bu örneklerdeki çekme testi sonrası gözlemlerde, kopmaların genellikle ağaç malzemeden lif kopması şeklinde olduğu görülmüştür. Literatürde, ısıl işlem sonrası sıcaklık artışına da bağlı olarak vernik yapışma direncinin azaldığı ve bu durumun ağaç malzeme temel bileşenlerinin termal olarak bozunması sonucu moleküller arası bağlardaki muhtemel zayıflamalardan kaynaklandığı ve ayrıca vernik ile ağaç malzeme arasındaki adezyon bağlarının, ısıl işlem sonucu bozunan ağaç malzeme moleküllerinin kohezif bağlarından yüksek olduğuna işaret ettiği belirtilmiştir (Pelit, 2014). Önceki farklı çalışmalarda da, ısıl işlem sıcaklığı veya süresi artışı ile ağaç malzemede vernik yapışma direncinin

olumsuz yönde etkilendiği bildirilmiştir (Özalp ve ark., 2009; Yalınkılıç, 2013; Atar ve ark., 2015; Kesik ve Akyıldız, 2015; Ayata ve ark., 2017; Can ve ark., 2021). Yağlı işlem yönteminde ise sıcaklıktaki artış vernik yapışma direncinin hafif artmasına neden olmuştur. Bezir yağı emprenyeli bu örneklerde, ısıl işlem sıcaklığı artışı ile ağaç malzemeden, vernik yapışma direncini de olumsuz etkileyen, daha fazla yağın uzaklaşmasının sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Deney örneklerinde vernik yapışma direnci üzerine vernik çeşidinin etkisi önemli bulunmuştur. Her iki ağaç türü için, en yüksek vernik yapışma direnci değeri, sentetik vernik uygulanmış örneklerde, en düşük ise poliüretan vernik uygulanmış örneklerde belirlenmiştir. Su bazlı vernikte poliüretan verniğe göre daha yüksek yapışma direnci değerleri belirlenmiştir. Ancak, yağlı ısıl işlem yönteminde düşük sıcaklıklarda (170 ℃ ve 190 ℃) işlem gören örnekler için, poliüretan vernik daha yüksek yapışma değerleri vermiştir. Tüm ısıl işlem yöntemleri için, yapışma direncinde en başarılı sonuçlar sentetik vernikte elde edilmiştir. Yağ bileşikli sentetik verniğin ısıl işlemli ahşap örneklere daha iyi nüfus etmesi ve buna bağlı olarak daha güçlü bir mekanik adezyon oluşturmasının sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Önceki benzer bir çalışmada, farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem görmüş ağaç malzemelere uygulanan değişik türdeki verniklerde en yüksek yapışma direnci değerlerinin sentetik vernikli örneklerde elde edildiği belirtilmiştir (Yalınkılıç, 2013). Ayrıca, ısıl işlem sonrası ahşap yüzeyinde oluşan daha geçirgen bir yapı nedeniyle vernik sıvısının yüzeyde kalmayıp derine nüfus ederek mekanik adezyonun daha iyi oluştuğu ifade edilmiştir (Özdemir ve Arslan, 2011).

6.4. TOPLAM RENK DEĞİŞİMİ (ΔE^*)

Farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklıklarda ısıl işlem sonrası çeşitli vernikler uygulanmış ahşap örneklerin toplam renk değişimi (ΔE^*) üzerinde ağaç türü faktörünün etkisi önemli bulunmuştur. Hem ısıl işlemli hem de ısıl işlemsiz örneklerde, vernik uygulamalarından sonra belirlenen ΔE^* değeri çam örneklere göre kayın örneklerinde daha yüksek belirlenmiştir. Vernik uygulamaları sonrası, kayın örneklerin özellikle b^* değerindeki daha yüksek artış oranına bağlı olarak daha fazla sararma eğilimi göstermesinin ΔE^* sonuçları üzerinde etkili olduğu söylenebilir (EK-3). Sonuçlar literatürle de uyumludur (Pelit, 2017).

Deney örneklerinin ΔE^* değeri üzerinde ısıl işlem yönteminin etkisi önemli bulunmuştur. Farklı atmosferik koşullarda uygulanan ısıl işlem yöntemleri ağaç türüne bağlı olarak vernikleme sonrası belirlenen ΔE^* değerlerini farklı şekilde etkilemiştir. Çam örnekler için, en yüksek ΔE^* değeri sıcak hava yöntemiyle ısıl işlemli örneklerde, en düşük ise yağlı ısıl işlemli örneklerde belirlenmiştir. Sıcak hava ve ThermoWood yöntemleri ile ısıl işlemli çam örneklerde ΔE^* değeri daha yüksek olmakla birlikte genel olarak yakın bulunmuştur. Yağlı ısıl işlem yöntemine göre bu iki yöntemde ΔE^* sonuçlarının yüksek olması, vernik uygulamalarından sonra L^* değerindeki daha fazla düşüş oranından ve özellikle de a^* ve b^* değerlerindeki daha yüksek artış oranlarından kaynaklanmaktadır (EK-1, EK-2 ve EK-3). Kayın örneklerde ise, en yüksek ΔE^* değeri yağlı ısıl işlem görmüş örneklerde belirlenirken en düşük ThermoWood yöntemiyle ısıl işlem görmüş örneklerde elde edilmiştir. Kayın örneklerde çam örneklerin aksine, diğer iki yönteme göre yağlı ısıl işlem yönteminde ΔE^* değeri daha yüksek hesaplanmıştır. Bu durumun, yağlı ısıl işlemli örneklerde vernik uygulamalarından sonra b^* değerleri ile özellikle de a^* değerlerindeki daha yüksek artış oranlarından kaynaklandığı görülmektedir (EK-2 ve EK-3). Isıl işlem sonucu ağaç malzemenin rengi koyulaşır ve malzeme kahverengimsi bir renk tonu kazanır. Ağaç malzemede renk değişikliği ısıl işlem yöntemine ve özellikle işlem sıcaklığı ile işlem süresine bağlıdır (Mayes ve Oksanen 2002). Farklı anatomik özelliklere sahip olan çam ve kayın odunlarının uygulanan ısıl işlem metotlarından farklı şekilde etkilenmelerine bağlı olarak, verniklerle etkileşim düzeylerinin değişiklik göstermesinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Çam ve kayın odunu örneklerinin ΔE^* değeri üzerinde ısıl işlem sıcaklığının etkisi önemli bulunmuştur. Her iki ağaç türü için, en yüksek ΔE^* değeri 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş örneklerde, en düşük ise kontrol (ısıl işlemsiz) ve 170 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş örneklerde tespit edilmiştir. Isıl işlem sıcaklığı artışına bağlı olarak verniklenmiş çam ve kayın örneklerin ΔE^* değerleri artmıştır. Vernik uygulamalarından sonra, yüksek sıcaklıkta ısıl işlemli örneklerin özellikle a^* ve b^* değerlerindeki artışa bağlı olarak bu örneklerde kırmızılaşma ve sararma eğiliminin artmasının ve L^* değerlerindeki düşüşe bağlı olarak da koyulaşma eğiliminin artış göstermesinin ΔE^* sonuçları üzerinde etkili olduğu söylenebilir (EK-1, EK-2 ve EK-3). Kontrol (ısıl işlemsiz) örneklere göre ısıl işlemli örneklerin vernik uygulamalarından daha fazla etkilendiği ve bu örneklerin ΔE^* değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde

edilen sonuçlar önceki çalışma sonuçları ile de uyumludur (Yalınkılıç, 2013; Mıdıroğlu, 2015; Pelit, 2017). Literatürde, ısıl işlem sıcaklığı ve süresinin artması ile ahşap renginin daha fazla koyulaştığı ve renk değişiminin arttığı (Bekhta ve Niemz 2003; Mitsui ve ark., 2003; Gündüz ve ark., 2010; Aksoy ve ark., 2011; Toker ve ark., 2016) ve ısıl işlem nedeniyle meydana gelen renk değişikliklerinin, muhtemelen polisakkarit yapıların modifikasyonu, renklendirici ekstraktif maddelerin buharlaşması, lignin ve bazı kimyasal elementlerin yüksek sıcaklıkta hızlı oksidasyonu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Şahin ve Korkut, 2016). İşlemsiz ahşaba göre rengi ve yapısı değişmiş olan ısıl işlemli örneklerde, vernik uygulamaları sonucu bu değişim etkilerinin daha belirgin hale gelmesinin ΔE^* sonuçları üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Ahşap örneklerin ΔE^* değerleri üzerinde vernik çeşidinin etkisi önemli bulunmuştur. Hem çam hem de kayın örneklerde en yüksek ΔE^* değeri, sentetik vernik uygulanmış örneklerde belirlenmiştir. En düşük ΔE^* değeri ise, çam örnekler için su bazlı vernik uygulanmış örneklerde, kayın örnekler için aralarındaki fark önemsiz olmak üzere su bazlı ve poliüretan vernik uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Her iki ağaç türünde tüm ısıl işlem yöntemleri açısından, sentetik vernik uygulanmış yüzeylerde en yüksek ΔE^* değerleri elde edilmiştir. Kayın örneklerde ThermoWood ve sıcak hava yöntemleri için, ΔE^* değerleri poliüretan vernik uygulanmış yüzeylerde daha düşük elde edilirken, yağlı ısıl işlem yöntemi için su bazlı vernik uygulanmış yüzeylerde daha düşük belirlenmiştir. Çam örneklerde ise tüm ısıl işlem yöntemleri için, ΔE^* değerleri su bazlı vernik uygulanmış yüzeylerde daha düşük belirlenmiştir. ΔE^* değerinin düşük olması rengin değişmediği veya daha az değiştiği anlamına gelmektedir (Söğütlü ve Sönmez 2006). Bu bağlamda, hem kontrol (ısıl işlemsiz) hem de ısıl işlemli ahşap örneklerde poliüretan ve su bazlı verniğe göre sentetik verniğin daha fazla bir renk değişimine neden olduğu söylenebilir. Önceki benzer bir çalışmada, farklı sıcaklıklarda ısıl işlem uygulanmış sarıçam ve kayın odunu yüzeyleri su bazlı (SB), poliüretan (PU), sentetik (ST), selülozik (SZ) vernikler ile kaplanmıştır. Örnek yüzeylerinde belirlenen ΔE^* değerinin SB vernikte en düşük, ST vernikte ise en yüksek olduğu belirtilmiş ve ısıl işlem sonrası elde edilen ahşap renginin maksimum düzeyde stabilitesi için SB verniğin tercih edilmesi önerilmiştir (Pelit, 2017). Faklı bir çalışmada, ısıl işlem uygulanmış kayın, meşe, kavak, sarıçam ve göknar odunu örnekleri yüzeylerine sentetik, parke verniği ve su bazlı vernik uygulanmış ve örnek yüzeylerinde ölçülen ΔE^* değerinin su bazlı vernikte en düşük, sentetik vernikte en yüksek olduğu belirtilmiştir (Yalınkılıç,

2013). Başka bir çalışmada, ısıl işlemli Doğu ladini örneği yüzeylerine su bazlı, akrilik, UV kurumalı vernik ve tik yağı uygulanmıştır. Örneklerdeki en yüksek ΔE^* değerinin tik yağı ve akrilik vernikte, en düşük ise su bazlı vernikte bulunduğu (Mıdıroğlu, 2015) ayrıca selülozik, sentetik, poliüretan ve asit katalizörlü vernik uygulanan farklı ağaç malzeme örneklerinde, en fazla renk değişikliğinin sentetik vernikli örneklerde gerçekleştiği bildirilmiştir (Sönmez, 1997).

Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin uygulama parametrelerine bağlı olarak boyutsal stabilitesinin ve biyolojik direncinin arttığı iyi bilinmektedir. Ancak işlemsiz ağaç malzemede olduğu gibi ısıl işlem görmüş ağaç malzemede çeşitli çevresel faktörlerden etkilenmekte ve özellikle yaşlanma performansı düşmektedir. Bu nedenle ısıl işlemli ağaç malzemenin koruyucu bir üstyüzey gereci ile muamele edilmesi kazandırılmış özelliklerini daha uzun süre muhafaza etmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada, farklı sıcaklık ve atmosferik koşullarda ısıl işlem görmüş çam ve kayın örneklerine uygulanan verniklerin bazı katman özellikleri incelenmiştir. Aşağıda, çalışma sonuçları özetlenerek endüstriyel uygulamalar ve bilimsel literatüre yönelik öneriler getirilmiştir.

Yüzey sertliği ve vernik yapışma direnci açısından, sarıçam örneklere göre kayın örneklerinde daha yüksek değerler elde edilmiştir. Verniklenmiş her iki ağaç türü için, ThermoWood ve sıcak hava yöntemleriyle ısıl işlemli örneklerde hem yüzey sertlik hem de vernik yapışma direnci değerleri benzer bulunmuştur. Yağlı ısıl işlem görmüş örneklerde ise sertlik ve yapışma direnci diğer iki yönteme göre genel olarak daha düşük elde edilmiştir. Ayrıca, uygulanan tüm yöntemlerde, ısıl işlem sıcaklığındaki farklılaşma sertlik değerleri üzerinde çok belirgin bir etkiye sahip değil iken, sıcaklık artışı sonucu özellikle ThermoWood ve sıcak hava yöntemleri ile ısıl işlemli örneklerde yapışma direnci azalmıştır. Diğer taraftan, sentetik vernikle kaplanmış örneklere göre poliüretan ve su bazlı vernikle kaplanmış örneklerde daha yüksek sertlik değerleri elde edilmiştir. Ancak, tüm ısıl işlemli örneklerde yapışma direnci açısından en başarılı sonuçlar sentetik vernikte belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, ısıl işlem sonrası vernik uygulaması yapılacak ahşap örnekler için, vernik yapışma direnci ve yüzey sertliğinin önemli olduğu yer döşemeleri, bahçe mobilyaları, cephe kaplamaları, merdiven basamakları, masa tablaları gibi uygulama alanlarında ThermoWood veya sıcak hava yöntemi ile daha düşük sıcaklıklarda (170 °C ve 190 °C) ısıl işlem görmüş kayın örneklerin tercih edilmesi önerilebilir. Ayrıca, ısıl işlemli örneklerde yüksek vernik yapışma direnci için özellikle sentetik verniklerin, yüksek yüzey sertliği için ise

poliüretan verniklerin kullanılması önerilebilir.

Vernik uygulanmış tüm ısıl işlemli örneklerde, ısıl işlem sıcaklığındaki artış sonucu parlaklık değerleri azalmış ve toplam renk değişimi artmıştır. Isıl işlem yönteminin etkisi ise parlaklık değerleri üzerinde önemsiz iken, renk değişiminde çam örnekler için sıcak hava yönteminde, kayın örnekler için yağlı ısıl işlem yönteminde daha yüksek değerler elde edilmiştir. Ayrıca, ısıl işlemli örneklerdeki en yüksek parlaklık değerleri poliüretan vernik uygulamalarından sonra belirlenmiş olup, en az renk değişimi su bazlı vernik uygulamalarından sonra tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, ısıl işlemli örneklerde vernik uygulamalarından sonra renk değişiminin daha az ve parlaklığın daha yüksek olması arzu ediliyor ise herhangi bir yöntemde ısıl işlem sıcaklığının düşük tutulması (170 ℃ gibi) önerilebilir. Ayrıca, ısıl işlemle elde edilen ahşap renginin vernik uygulamalarından sonra maksimum seviyede stabilitesinin sağlanması için su bazlı vernik uygulanmış sarıçam örneklerin kullanılması önerilebilir.

Sonuç olarak, farklı özellikteki verniklerle kaplanmış çam ve kayın örneklerin yüzey sertlik değerleri üzerinde ısıl işlem yönteminin daha etkili olduğu ancak, yapışma direnci, parlaklık ve renk değişimi üzerinde ısıl işlem sıcaklığının daha etkili olduğu söylenebilir.

7. KAYNAKLAR

ANS/ISO1522., "Paints and varnishes, pendulum damping test, International Standard Organization.'', (2022).

Aksoy, A., Deveci, M., Baysal, E., & Toker, H. (2011). Colour and gloss changes of Scots pine after heat modification. *Wood Research*, 56(3), 329-336.

Altun, S., & Esmer, M. (2017). Isıl işlemin bazı ağaç malzemelerde yüzey pürüzlülüğü ve vernik yapışma direncine etkisi, *Politek. Derg.*, c. 20, sayı 1, ss. 231–239.

ASTM D2244-15a, "Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from ınstrumentally measured color coordinates", 2015.

Atar, M. (1999). 'Renk açıcı kimyasal maddelerin ağaç malzemede üst yüzey işlemlerine etkileri', Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

Atar M., Yalınkılıç A. C., & Keskin H. (2018). Isıl işlemin vernikli ağaç malzemede renk değişimine etkisi, *J. Polytech.*, sayı January 2019, Mar.

Atar, M., Çınar, H., Döngel, N., & Yalınkılıç, A. C. (2015). The effect of heat treatment on the pull-off strength of optionally varnished surfaces of five wood materials. *BioResources*, 10(4), 7151-7164.

Ayata, U., & Çakıcıer, N. (2021). Determination of pendulum hardness (König method) values against artificial weathering in water-based varnishes applied to some wood species after heat treatment (ThermoWood). *Drewno*, c.64, sayı 208.

Ayata, U., Gurleyen, L., Esteves, B., Gurleyen, T., & Çakıcıer, N. (2017). Effect of heat treatment (ThermoWood) on some surface properties of parquet beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) with different layers of UV system applied. *BioResources*, 12(2), 3876-3889.

Aydemir, D. (2007) 'Göknar (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine ısıl işlemin etkisi', Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Aydemir, D., & Gündüz, G. (2009). Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekaniksel ve biyolojik özellikleri üzerine ısıyla muamelenin etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15), 61-70.

Aytin, A. (2013). 'Yabani kiraz (Cerasus avium (L.) Monench) odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisi', Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.

Bechera, I. (1998). Water and solvent based systems differences, *European Coatings Journal*, Aprıl.

Bekhta, P., & Niemz, P. (2003). Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung* 57:

539-546.

Budakçı, M. (1997). Ahşap verniklerinde katman kalınlığının sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma mukavemetine etkileri. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Budakçı, M. (2003). 'Pnömatik adezyon deney cihazı tasarımı, üretimi ve ahşap verniklerinde denenmesi', Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Budakçı, M., & Sönmez, A. (2005). Tahta Koruyucularda Kuruma Süresinin Vernik Katmanlarının Yapışma Direncine Etkisi, *1st International Vocational and Technical Education Technologies Congress*, İstanbul, 3: 1486-1494.

Budakçı, M., & Sönmez, A. (2010). Bazi ahşap verniklerin farkli ağaçmalzeme yüzeylerindeki yapişma direncinin belirlenmesi, *J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ.,* c. 25, sayı 1, ss. 111–118.

Boonstra, M. J. (2008). 'A two-stage thermal modification of wood', PhD. dissertation, Cosupervised by Ghent University, Ghent, Belgium, and Université Henry Poincaré, Nancy, France.

Bozkurt, Y., Göker, Y., & Erdin, N. (1993). Emprenye Tekniği, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları,* vol. 3779, no. 425, ss. 125 - 429.

Bozkurt, Y., & Erdin, N. (1995). Yoğunluk ile mekanik özellikler arasındaki ilişkiler. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University,* 45(2), 11-34.

Bozkurt, A.Y., & Erdin, N. (2011). *Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*, 2. Basım, Yayın No: 5029, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 334,341.

Can, A. (2011). 'Endüstriyel ölçekli ısıl işlem ve borlu bileşiklerle emprenyenin odunun bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerine etkisi', Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Can, A. (2020). Effects of heat treatment systems on the physical properties of coated scots pine (*pinus sylvestries* L.) and poplar (*popular euramericana*). *BioResources* 15(2), 2708-2720.

Can, A., Krystofiak, T., & Lis, B. (2021). Shear and adhesion strength of open and closed system heat-treated wood samples. *Maderas. Ciencia y tecnología*, (23): 32, 1-10.

Çakıcıer, N., Korkut, S., & Korkut, D.S. (2011a). Varnish layer hardness, scratch resistance, and glossiness of various wood species as affected by heat treatment. *BioResources*, 6(2), 1648-1658.

Çakıcıer, N., Korkut, S., & Güler, F.D. (2011b). Effects of heating treatment on some of the physical properties of varnish layers applied on various wood species. *African Journal of Biotechnology*, 10(9), 1578-1585.

Enjily, V., & Jones, D. (2006). The potential for modified materials in the panel products industry. *Wood Resources and Panel Properties Conference, COST Action* E44/E49, Valencia, Spain.

Erdin, N., & Bozkurt, Y. (2013). "Odun Anatomisi Ders Kitabı", Gözden geçirilmiş 2.

basım, Yayın No: 5145, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 331-333, 351-353.

Esteves, B. M., & Pereira, H. M. (2009). Wood modification by heat treatment: A review, *BioResources* 4(1), 370-404.

Esmer, M. (2015). 'Isıl işlem görmüş ağaç malzemede vernik yapışma direnci', Yüksek Lisans Tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Karabük Üniversitesi, Karabük.

Gezer, İ. (2009). 'Ağaç malzemeye uygulanan ısıl işlemin su bazlı verniklerdeki etkilerinin incelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.

Güler, F. D. (2010). 'Bazı ağaç türlerinde ısıl işlem uygulamasının vernik katman özellikleri üzerine etkisi', Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisiliği Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi, Düzce.

Gündüz, G., Aydemir, D. & Korkut, S. (2010). The effect of heat treatment on some mechanical properties and color changes of Uludağ fir wood, *Drying Technology* 28(2): 249-255.

Gürleyen, T. (2018). 'Isıl işlem görmüş bazı ağaç türlerine uygulanan sentetik vernik, su-bazlı vernik ve tik yağı katmanlarının hızlandırılmış uv yaşlandırma etkisine karşı direncinin saptanması'. Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü., Düzce.

Gürleyen, L., Ayata, Ü., Esteves, B., & Çakıcıer, N. (2017). 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,* 19(2), 213-224.

Gürleyen, L., Esteves, B., Ayata, Ü., Gürleyen, T., & Çınar, H. (2018). The effects of heat treatment on colour and glossiness of some commercial woods in Turkey. *Drewno*. 61(201).

Gürleyen, L., Ayata, Ü., Esteves, B., Gürleyen, T., & Çakıcıer, N. (2019). Effects of thermal modification of oak wood upon selected poperties of coating systems. *BioResources*, 14(1), 1838-1849.

Hill, C. A. S. (2006). Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes, *Wiley Series in Renewable Resources*, John Wiley & Sons Inc., Chichester, UK. pp. 260.

Houston D. T., Rigo, D. & Caudullo, G. (2016) *Fagus sylvatica* and other beeches in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: European Atlas of Forest Tree Species. Eds. San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. Publ. Off. EU, Luxembourg. pp. 94–95.

ISO 3129. (1975). *Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Numune alma Metotları ve Genel özellikler.*

ISO 13061-15. (2017). *Physical and Mechanical Properties of Wood - Determination of radial and tangential swelling.*

Johansson, D. (2005). Drying and heat treatment of wood: Influences on internal

checking, *Proceedings 3rd Nordic Drying Conference*, Karlstad, Sweden, 1-3.

Karakaş G. (2008). 'Ahlat (pyrus elaeagnifolia pall.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısıl işlemim etkisi', Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

Kart, Ş. (2017) '200 °C'nin üzerinde ısıl işlem uygulanan ve verniklenen odunun dış ortam koşullarında fiziksel performans özelliklerinin belirlenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.

Kantay, R., & Kartal, S. N. (2007). Isıl işlem uygulamaları ve ısıl işlem görmüş ağaç malzemenin özellikleri. *Ahşap Dergisi.*

Karamanoğlu, M., & Akyıldız, M. H. (2013). Colour, gloss and hardness properties of heat treated wood exposed to accelerated weathering. *Pro Ligno*, 9(4), 729-738.

Kazan, B. (2009). 'Su bazlı vernik uygulanmış yüzey üzerindeki ısıl işlemin etkileri', Yüksek Lisans Tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.

Kesik, H. I., & Akyildiz, M. H. (2015). Effect of the heat treatment on the adhesion strength of water based wood varnishes. *Wood Res*, 60(6), 987-994.

Kesik, H. İ., Vurdu, H., Çağatay, K., Özkan, O. E., & Öncel, M. (2015). Yağlı Isıl İşlem Görmüş Sarıçam Odunlarında Koruyucu Katmanın Yapışma ve Sertlik Özellikleri, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Derg.,* c. 15, sayı 2, ss. 261–266, Kas.

Kesik, H. İ., Özkan, O. E., & Öncel, M. (2017). Characteristics of a protective layer on oil heat-treated scots pine and fir wood. *BioResources*, 12(2), 3067-3075.

Krystofiak, T., Can, A., & Lis, B. (2022). Investigation of roughness and adhesion strength properties of pine and poplar wood heat treated in air and under vacuum after artificial aging. *Coatings*, 12(12), 1910.

Koç, E., & Pelit, H. (2022). Ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan poliüretan verniklerin parlaklığına ısıl işlem yöntemi ve ısıl işlem yöntemi ve işlem sıcaklığının etkisi. *Orman Araştırma Derg.,* c.9, sayı Özel Sayı, ss. 238-246

Korkut, D. S., Korkut, S., Bekar, I., Budakçi, M., Dilik, T., & Çakicier, N. (2008). The effects of heat treatment on the physical properties and surface roughness of turkish hazel (corylus colurna l.) Wood. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(9), 1772-1783.

Korkut, S., & Kocaefe, D. (2009). Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5(2), 11–34.

Korkut, D. S., Hiziroglu, S., & Aytin, A. (2013). Effect of heat treatment on surface characteristics of wild cherry wood. *BioResources*, 8(2), 1582-1590. https://doi. org/10.15376/biores.8.2.1582-1590

Kurtoğlu, A. (2000). *Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri ve Genel Bilgiler*, İÜ, Orman Fakültesi, Orman End. Müh. Böl., İstanbul, I, 31, 32.

Mayes, D., & Oksanen, O. (2002). *Thermowood Handbook*. Finnforest, Finland.

Mıdıroğlu, M. (2015). Isıl işlem görmüş ladin ağaçlarından üretilen masif panellerin

vernik etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.

Militz, H. (2002). Heat Treatment Technologies in Europe: Scientific Background and Technological State-of-Art, *Proceedings of Conference on Enhancing the Durabilityof Lumber And Engineered Wood Products*, Orlando, Forest Products Society, Madison, U.S., 1-19.

Mitsui, K., Murata, A., Kohara, M. & Tsuchikawa, S. (2003). Colour modification of wood by light-irradiation and heat treatment, *In: Abstracts of the First European Conference on Wood Modification*, Belgium

Nuopponen, M. (2005). 'FT-IR and UV Raman spectroscopic studies on thermal modification of Scots pine wood and its extractable compounds', Doctoral dissertation, Helsinki University of Technology, Department of Forest Products Technology, Laboratory of Forest Products Chemistry, Reports Series A 23, Espoo- Finland.

Örs, Y., & Keskin, H. (2008). *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, Ankara: Gazi Kitabevi.

Özalp, M., Gezer, İ., & Korkut, S. (2009). The investigation of heat treatment with waterbased varnish double components in varnish applications of wood material, *African Journal of Biotechnology*, 8 (8): 1689-1694.

Özdemir, T., & Arslan, R. (2011). Isıl işlem uygulamasının sarıçam ve dişbudak odunlarında bazı yüzey işlem özellikleri üzerine etkisi, *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, ss. 1405–1411.

Pelit, H. (2007). 'Ağaç malzeme rutubet miktarının su bazlı vernik katman özelliklerine etkisi', Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Pelit, H. (2014).'Yoğunlaştırma ve ısıl işlemin doğu kayını ve sarıçamın bazı teknolojik özellikleriyle üstyüzey işlemlerine etkisi'. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Pelit, H. (2017). The effect of different wood varnishes on surface color properties of heat treated wood materials. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 67(2): 262-274.

Pelit, H., Budakçı, M., Sönmez, A., & Burdurlu, E. (2015). Surface roughness and brightness of scots pine (Pinus sylvestris) applied with water-based varnish after densification and heat treatment. *Journal of Wood Science*, 61(6), 586-594. https://doi.org/10.1007/s10086-015- 1506-7

Perçin, O. (2012). 'Isıl işlemin lamine ahşap malzemenin bazı teknolojik özelliklerine etkilerinin incelenmesi', Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Poncsák, S., Kocaefe, D., Bouazara, M. & Pichette, A. (2006) "Effect of High Temperature Treatment on The Mechanical Properties on Birch (*Betula papyrifera*)", *Wood Science Technology*, 40 (8): 647-663.

Rapp, A. O. (2001). Review on Heat Treatments of Wood. *In Proceedings of Special Seminar, Antibes*, France.

Rapp, A. O., & Sailer. M. (2001). Oil heat treatment of wood ġn germany-state of the art" in review on heat treatments of wood, *COST ACTION E22 Environmental Optimisation Of Wood Protection, Proceedings Of Special Seminar Held İn Antibes*, France, Edited by Rapp AO, 47-64 (2001).

ThermoWood Handbook (2003). *Finnish Thermowood Association*. Helsinki, Finland, www.thermowood.fi, pp. 66 (2003).

Toker, H., Baysal, E., Kötekli, M., Türkoğlu, T.T., Kart, S., Şen, T.F. & Peker, T.H., (2016). Surface characteristics of oriental beech and scots pine woods heat-treated above 200 °C. *Wood Research* 61(1): 43-54.

Sjöström, E. (1993). Wood Chemistry-Fundamentals and applications, *Academic Press incorporated*, London, UK. pp. 10-293.

Söğütlü, C., & Sönmez, A. (2006). Değişik koruyucular ile işlem görmüş bazı yerli ağaçlarda UV ışınlarının renk değiştirici etkisi, *Gazi Üniversitesi Müh. Mimarlık Fak. Dergisi*, 21(1): 151-159.

Söğütlü, C., Nzokou, P., Koc, I., Tutgun, R., and Döngel, N. (2016). "The effects of surface roughness on varnish adhesion strength of wood materials," *Journal of Coatings Technology and Research* 13(5), 863-870.

Sönmez, A. (1989). 'Ağaçtan yapılmış mobilya üst yüzeylerinde kullanılan verniklerin önemli mekanik, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları', Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Sönmez, A., (1997). Color changing effects of varnishes on wood surfaces, *11th World Forestry Congress*, 36, 13-22 October, Antalya, Turkey.

Sönmez, A. (2005). *Ağaç İşlerinde Üst Yüzey İşlemleri-I Hazırlık ve Renklendirme*, (Düzeltilmiş ve Genişletilmiş II. Baskı) Cem Web Ofset, Ankara, 7-66-68-74-75 80-83-84-88.

Sönmez, A., & Budakçı, M. (2004). *Ağaç işlerinde üst yüzey işlemleri II, koruyucu katman ve boya /vernik sistemleri*, Sevgi Ofset, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 85-90.

Sönmez, A., Budakçı, M. & Pelit, H. (2011 a). The effect of the moisture content of wood on the layer performance of water borne varnishes, *BioResources*, 6 (3): 3166-3177

Şahin, H.T., & Korkut S. (2016). Surface colour changes of turkish hazelnut wood caused by heat treatment. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology* 6(1): 1-7.

Şahin, H. İ., & Güler, C. (2018). Effect of heat treatment on the dimensional stability of ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) wood, *Forestist* 68(1), 42-52

Şanıvar, N. (2001). *Ağaç İşleri Üstyüzey İşlemleri*, Dördüncü Baskı, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 193.

Ulay, G. (2018). 'Yat ve tekne mobilyalarında kullanılan bazı ağaç türlerine uygulanan termal modifikasyon ve UV yaşlandırma işlemlerinin vernik katman performansları üzerine etkisinin incelenmesi'. Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi,

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Düzce.

Wikberg, H. (2004), 'Advanced solid state NMR spectroscopic techniques in the study of thermally modified wood', Academic Dissertation, University of Helsinki, Department of Chemistry, Laboratory of Polymer Chemistry, Helsinki-Finland.

Yakın, M. (2001). 'Su bazlı verniklerde sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma mukavemetinin tespiti', Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yalınkılıç, A. C. (2013). 'Isıl işlemli ağaç malzemenin mobilya üretiminde uygunluğunun araştırılması ve geliştirilmesi'. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yaltırık, F., & Efe, A. (1994) *Dendroloji ders kitabi gymnospermae-angiospermae,* İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Yıldız, S. (2002). 'Isıl işlem uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini odunlarının fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri', Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Yıldız, S. (2005). Odunda ısıl işlem uygulaması. *Ahşap Teknik Dergisi-7*, Şubat, 6-10.

8. EKLER

8.1. EK:1 DENEY ÖRNEKLERİNİN *L** RENK DEĞERLERİNE AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR.

Isıl işlem yöntemi	Isıl işlem sıcaklığı	Vernik çeşidi	Ağaç türü			
			Sarıçam		Kayın	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Thermo-Wood	170 ℃	Verniksiz	64,32	1,84	55,93	1,27
		Su bazlı	61,02	2,21	50,41	2,16
		Poliüretan	59,99	2,06	50,92	1,72
		Sentetik	57,99	2,34	47,45	2,20
	190 ℃	Verniksiz	57,02	1,27	46,78	1,31
		Su bazlı	49,42	1,53	39,64	1,08
		Poliüretan	49,52	1,22	39,96	0,87
		Sentetik	45,35	1,34	37,96	1,12
	210 ℃	Verniksiz	49,15	0,91	35,62	0,98
		Su bazlı	39,27	0,58	26,44	1,51
		Poliüretan	39,57	1,09	28,31	1,07
		Sentetik	35,18	1,57	23,40	1,33
Yağlı işlem	170 ℃	Verniksiz	63,77	3,08	53,23	2,53
		Su bazlı	64,18	1,20	47,44	3,15
		Poliüretan	60,02	3,84	45,00	3,43
		Sentetik	59,45	2,93	45,11	3,85
	190 ℃	Verniksiz	59,78	3,52	46,75	1,76
		Su bazlı	58,91	3,04	37,51	3,86
		Poliüretan	51,81	3,48	34,99	1,47
		Sentetik	53,63	4,74	34,45	3,52
	210 ℃	Verniksiz	51,80	2,98	38,06	1,91
		Su bazlı	48,23	3,33	24,83	4,22
		Poliüretan	42,26	3,68	23,27	1,45
		Sentetik	41,17	3,27	18,08	3,26
Sıcak hava	170 ℃	Verniksiz	70,46	1,75	57,92	1,15
		Su bazlı	65,68	0,81	51,53	2,36
		Poliüretan	64,49	1,83	52,30	1,74
		Sentetik	62,83	1,90	50,31	2,04
	190 ℃	Verniksiz	59,83	1,92	47,97	0,95
		Su bazlı	53,15	2,15	42,22	1,58
		Poliüretan	52,07	1,51	41,73	0,94
		Sentetik	49,25	2,22	38,13	0,77
	210 ℃	Verniksiz	44,24	0,93	32,76	1,14
		Su bazlı	34,05	0,84	20,62	1,48
		Poliüretan	33,71	1,51	23,58	1,17
		Sentetik	29,21	1,63	15,18	0,76
Kontrol		Verniksiz	80,66	1,35	68,52	1,79
		Su bazlı	74,84	1,17	60,74	2,30
		Poliüretan	75,20	0,99	63,12	2,23
		Sentetik	72,53	1,38	60,10	2,90

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

8.2. EK:2 DENEY ÖRNEKLERİNİN *a** RENK DEĞERLERİNE AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR.

Isıl işlem yöntemi	Isıl işlem sıcaklığı	Vernik çeşidi	Ağaç türü			
			Sarıçam		Kayın	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Thermo-Wood	170 ℃	Verniksiz	10,31	0,61	13,75	0,48
		Su bazlı	10,97	0,57	14,04	0,31
		Poliüretan	12,90	0,60	15,50	0,35
		Sentetik	14,30	0,92	18,04	0,45
	190 ℃	Verniksiz	12,01	0,39	13,61	0,62
		Su bazlı	13,99	0,60	15,11	0,42
		Poliüretan	15,49	0,43	16,51	0,26
		Sentetik	17,80	0,38	18,18	0,37
	210 ℃	Verniksiz	11,86	0,37	11,97	0,44
		Su bazlı	15,38	0,20	15,38	0,22
		Poliüretan	16,38	0,32	15,54	0,17
		Sentetik	18,39	0,44	16,96	0,49
Yağlı işlem	170 ℃	Verniksiz	10,14	1,37	11,56	0,69
		Su bazlı	9,56	1,21	14,40	0,54
		Poliüretan	11,83	1,65	16,25	0,54
		Sentetik	12,18	0,95	17,61	0,53
	190 ℃	Verniksiz	10,29	0,68	9,70	0,63
		Su bazlı	10,11	1,27	13,75	0,73
		Poliüretan	14,01	0,92	15,18	0,81
		Sentetik	13,82	0,63	17,68	0,55
	210 ℃	Verniksiz	10,86	0,84	8,20	0,60
		Su bazlı	12,11	0,21	12,13	0,77
		Poliüretan	14,89	0,40	13,41	0,66
		Sentetik	16,99	0,39	15,43	0,97
Sıcak hava	170 ℃	Verniksiz	9,47	0,69	12,86	0,49
		Su bazlı	9,79	0,50	13,86	0,55
		Poliüretan	11,16	1,04	14,98	0,56
		Sentetik	12,54	0,86	16,95	0,59
	190 ℃	Verniksiz	11,58	0,58	13,20	0,31
		Su bazlı	13,21	0,84	14,58	0,36
		Poliüretan	14,86	0,68	15,94	0,12
		Sentetik	17,01	0,75	18,53	0,23
	210 ℃	Verniksiz	11,53	0,37	10,52	0,38
		Su bazlı	15,79	0,24	14,70	0,24
		Poliüretan	16,50	0,68	14,56	0,23
		Sentetik	18,40	0,67	15,76	0,14
Kontrol		Verniksiz	6,00	0,58	11,15	0,70
		Su bazlı	6,48	0,69	13,11	0,62
		Poliüretan	6,94	0,40	12,63	0,91
		Sentetik	8,53	0,49	14,76	1,12

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

8.3. EK:3 DENEY ÖRNEKLERİNİN *b** RENK DEĞERLERİNE AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR.

Isıl işlem yöntemi	Isıl işlem sıcaklığı	Vernik çeşidi	Ağaç türü			
			Sarıçam		Kayın	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Thermo-Wood	170 ℃	Verniksiz	30,23	0,61	25,39	1,02
		Su bazlı	33,14	0,58	29,37	0,98
		Poliüretan	35,55	0,46	29,30	1,22
		Sentetik	39,27	0,86	34,67	1,10
	190 ℃	Verniksiz	28,77	0,50	23,92	0,75
		Su bazlı	35,51	0,56	29,99	0,80
		Poliüretan	35,51	0,54	29,21	0,60
		Sentetik	39,57	0,99	32,93	0,58
	210 ℃	Verniksiz	25,50	0,56	19,01	0,66
		Su bazlı	33,42	0,61	27,67	0,35
		Poliüretan	33,50	0,81	26,15	0,56
		Sentetik	36,62	0,72	28,28	0,88
Yağlı işlem	170 ℃	Verniksiz	31,77	1,02	20,66	1,37
		Su bazlı	33,09	1,96	28,45	1,29
		Poliüretan	37,64	1,48	32,11	1,70
		Sentetik	37,03	0,78	33,69	1,28
	190 ℃	Verniksiz	30,56	1,70	19,34	1,20
		Su bazlı	31,03	0,70	26,64	0,99
		Poliüretan	37,03	0,75	27,20	1,09
		Sentetik	37,90	0,86	30,60	2,11
	210 ℃	Verniksiz	27,38	2,06	16,59	1,36
		Su bazlı	29,80	1,27	21,08	0,46
		Poliüretan	33,86	1,98	22,17	0,78
		Sentetik	36,19	1,54	22,13	2,64
Sıcak hava	170 ℃	Verniksiz	30,39	0,74	24,61	0,99
		Su bazlı	33,18	0,64	29,43	0,47
		Poliüretan	37,40	1,16	30,38	0,81
		Sentetik	39,11	1,05	33,61	1,22
	190 ℃	Verniksiz	29,31	0,95	24,22	0,75
		Su bazlı	35,83	0,55	31,34	0,64
		Poliüretan	37,70	1,37	30,38	0,83
		Sentetik	40,15	0,68	33,72	0,97
	210 ℃	Verniksiz	23,12	0,66	16,33	0,93
		Su bazlı	31,91	0,82	24,47	0,99
		Poliüretan	32,28	0,91	23,55	0,80
		Sentetik	34,13	0,56	20,40	0,67
Kontrol		Verniksiz	27,13	0,66	23,92	1,12
		Su bazlı	28,54	0,79	27,06	0,65
		Poliüretan	33,01	0,74	29,27	1,01
		Sentetik	35,05	0,70	32,35	1,22

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

ÖZGEÇMİŞ

KİŞESEL BİLGİLER

Adı Soyadı = Erol KOÇ

Yabancı Dili = İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2023
Lisans	Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği	Gazi Üniversitesi	2007
Lise	Mobilya Bölümü	Haydarpaşa Teknik Lisesi	2002

YAYINLAR

Koç, E., & Pelit, H. (2022). Ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan poliüretan verniklerin parlaklığına ısıl işlem yöntemi ve işlem sıcaklığının etkisi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 9(Özel Sayı), 238-246. DOI: 10.17568/ogmoad.1090092