



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

**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ BAZI AĞAÇ TÜRLERİNE UYGULANAN  
SENTETİK VERNİK, SU-BAZLI VERNİK VE TİK YAĞI  
KATMANLARININ HIZLANDIRILMIŞ UV YAŞLANDIRMA  
ETKİSİNE KARŞI DİRENCİNİN SAPTANMASI**

**TUĞBA GÜRLEYEN**

**DOKTORA TEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. CENGİZ GÜLER**

**DÜZCE, 2018**

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

**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ BAZI AĞAÇ TÜRLERİNE UYGULANAN**  
**SENTETİK VERNİK, SU BAZLI VERNİK VE TİK YAĞI**  
**KATMANLARININ HIZLANDIRILMIŞ UV YAŞLANDIRMA**  
**ETKİSİNE KARŞI DİRENCİNİN SAPTANMASI**

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

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Cengiz GÜLER

Düzce Üniversitesi

**Eş Danışman**

Prof. Dr. Prof Dr. Öner ÜNSAL

İstanbul Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Cengiz GÜLER

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Musa ATAR

Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Süleyman KORKUT

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Nevzat ÇAKICIER

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Hacı İsmail KESİK

Kastamonu Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 29/06/2018

## BEYAN

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

29 Haziran 2018

Tuğba GÜRLEYEN

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım değerli danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Cengiz GÜLER'e sonsuz teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen eş danışmanım Prof. Dr. Öner ÜNSAL'a, tez izleme komitesinde yer alan hocalarım Prof. Dr. Musa ATAR'a, Dr. Öğr. Üyesi Nevzat ÇAKICIER'e, tez jürisinde yer alan hocalarım Prof. Dr. Süleyman KORKUT'a, Dr. Öğr. Üyesi Hacı İsmail KESİK'e ve çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Hasan EFE'ye, Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN'e şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Dr. Levent GÜRLEYEN'e, canım annem Emine Solmaz GÜRER'e ve canımdan çok sevdiğim oğullarım Batuhan GÜRLEYEN ve Yiğit GÜRLEYEN'e sonsuz teşekkürler ederim.

Tüm çalışmam boyunca moral ve motivasyon desteği veren arkadaşım Dr. Filiz DURSUN'a ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte yardımını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Ümit AYATA'ya şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamda bulunan ağaç malzemelerin temini hususunda her türlü kolaylığı sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen Düzce Orman İşletme Müdürlüğünde görevli Sayın Emin AYDIN' a ve bana yardımcı olan tüm Orman İşletme personeline, Burhan Çelik Ahşap Mamülleri San. ve Tic. Ltd.Şti. genel müdürü Veysel GÜNGÖR'e, ısıtma işlem uygulamasında yardımlarını esirgemeyen NOVAWOOD fabrika müdürü İlhan ÇÖL'e, deney numunelerinin hazırlanmasında tecrübesinden ve emeğinden istifade ettiğim Tekniker Hilmi GÜREL'e teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2014.02.03.253 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

**29 Haziran 2018**

Tuğba GÜRLEYEN

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>XII</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>SİMGELER</b> .....	<b>XIX</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>XX</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XXI</b>
<b>EXTENDED ABSTRACT</b> .....	<b>XXII</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. ISIL İŞLEM</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1.1. Isıl İşlem Hakkında Genel Bilgiler</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1.2. Isıl İşlem Metotları</b> .....	<b>8</b>
<i>1.1.2.1. ThermoWood Metodu</i> .....	<i>9</i>
<b>1.1.3. Isıl İşlem Görmüş Odunda Meydana Gelen Değişiklikler</b> .....	<b>10</b>
<i>1.1.3.1. Odunun Kimyasal Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi</i> .....	<i>10</i>
<i>1.1.3.2. Fiziksel Özellikler Üzerine Isıl İşlemin Etkisi</i> .....	<i>17</i>
<i>1.1.3.3. Mekanik Özellikler Üzerine Isıl İşlemin Etkisi</i> .....	<i>18</i>
<i>1.1.3.4. Renk Üzerine Isıl İşlemin Etkisi</i> .....	<i>25</i>
<i>1.1.3.5. Yaşlanma ve UV-Direnci Üzerine Isıl İşlemin Etkisi</i> .....	<i>26</i>
<i>1.1.3.6. Yüzey İşlemi ve Boyanma Kabiliyeti Üzerine Isıl İşlemin Etkisi</i> .....	<i>27</i>
<i>1.1.3.7. Yüzey İnaktivasyonu, Temas Açısı ve Yapışma Özellikleri</i> .....	<i>28</i>
<b>1.2. DOĞAL VE YAPAY YAŞLANDIRMA</b> .....	<b>31</b>
<b>1.2.1. Dış Ortam Faktörleri</b> .....	<b>31</b>
<i>1.2.1.1. Güneş Işığının Etkisi</i> .....	<i>31</i>
<i>1.2.1.2. Rutubet</i> .....	<i>32</i>
<i>1.2.1.3. Asit Depolama</i> .....	<i>32</i>
<i>1.2.1.4. Diğer Faktörler</i> .....	<i>32</i>
<i>1.2.1.5. UV Işınlmasının Etkisi</i> .....	<i>33</i>

1.2.2. Florasan Lamba (UV) İle Yaşlandırma Uygulamaları .....	34
1.2.2.1. Laboratuvar Yaşlandırma Testleri .....	34
1.3. LİTERATÜR ÖZETİ .....	37
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>61</b>
<b>2.1. MATERYAL .....</b>	<b>61</b>
<b>2.1.1. Ağaç Malzeme .....</b>	<b>61</b>
2.1.1.1. Avrupa Kızılağacı ( <i>Alnus incana</i> ).....	61
2.1.1.2. Amerikan Dişbudak ( <i>Fraxinus americana</i> ) .....	62
2.1.1.3. Akkavak ( <i>Populus alba</i> ).....	63
2.1.1.4. Aksöğüt ( <i>Salix alba</i> ).....	63
<b>2.1.2. Örnek Ağaçların Temini .....</b>	<b>64</b>
<b>2.1.3. Vernikler .....</b>	<b>65</b>
2.1.3.1. Sentetik Vernik .....	65
2.1.3.2. Su Bazlı (Çözücülü) Sistemler.....	71
2.1.3.3. Tik Yağı.....	78
<b>2.2. YÖNTEM .....</b>	<b>79</b>
<b>2.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması .....</b>	<b>79</b>
<b>2.2.2. Isıl İşlem Uygulaması.....</b>	<b>79</b>
<b>2.2.3. Vernik Uygulaması .....</b>	<b>79</b>
2.2.3.1. Sentetik Vernik Uygulaması.....	80
2.2.3.2. Su Bazlı (Tek Bileşenli) Vernik Uygulaması.....	80
2.2.3.3. Tik Yağı Uygulaması.....	81
<b>2.2.4. Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Uygulaması Öncesi Deney Örneklerinin Hazırlanması .....</b>	<b>81</b>
<b>2.2.5. Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Uygulaması .....</b>	<b>82</b>
<b>2.3. DENEME METODLARI.....</b>	<b>83</b>
<b>2.3.1. Katı Madde Tayini.....</b>	<b>83</b>
<b>2.3.2. Kuru Film Kalınlıkları .....</b>	<b>84</b>
<b>2.3.3. Fiziksel Özellikler .....</b>	<b>85</b>
2.3.3.1. Hava Kurusu Yoğunluk.....	85
2.3.3.2. Tam Kuru Yoğunluk.....	86
2.3.3.3. Renk Ölçümü.....	87
2.3.3.4. Yüzey Parlaklık Ölçümü.....	89

2.3.3.5. Islanabilirlik Testi.....	91
<b>2.3.4. Mekanik Özellikler .....</b>	<b>94</b>
2.3.4.1. Liflere Paralel Basınç Direnci.....	94
2.3.4.2. Eğilme Direnci .....	95
2.3.4.3. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci.....	97
2.3.4.4. Yüzeye Yapışma Testi.....	98
<b>2.3.5. Teknolojik Özellikler .....</b>	<b>100</b>
2.3.5.1. Janka Sertlik Direnci .....	100
<b>2.3.6. Değişim Oranlarının Hesaplanması .....</b>	<b>102</b>
<b>2.3.7. Verilerin Değerlendirilmesi .....</b>	<b>102</b>
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>103</b>
<b>3.1. KULLANILAN VERNİKLERİN ÖZELLİKLERİNE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>103</b>
3.1.1. Katı Madde Miktarlarına İlişkin Bulgular .....	103
3.1.2. Kuru Film Kalınlıklarına İlişkin Bulgular ve Tartışma .....	103
<b>3.2. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>106</b>
3.2.1. Hava Kurusu ve Tam Kuru Yoğunluk İle İlgili Bulgular.....	106
3.2.2. Hava Kurusu ve Tam Kuru Yoğunluk İle İlgili Tartışma .....	107
<b>3.2.3. Renk Farklılıklarına İlişkin Bulgular ve Tartışma .....</b>	<b>108</b>
3.2.3.1. Kırmızı Renk Değeri ( $a^*$ ) İle İlgili Bulgular .....	108
3.2.3.2. Kırmızı Renk Değeri ( $a^*$ ) İle İlgili Tartışma .....	121
3.2.3.3. Sarı Renk Değeri ( $b^*$ ) İle İlgili Bulgular.....	125
3.2.3.4. Sarı Renk Değeri ( $b^*$ ) İle İlgili Tartışma.....	137
3.2.3.5. Renk Parlaklık (Işıklılık) ( $L^*$ ) İle İlgili Bulgular.....	140
3.2.3.6. Renk Parlaklık (Işıklılık) ( $L^*$ ) İle İlgili Tartışma .....	153
3.2.3.7. Toplam Renk Değişimi ( $\Delta E^*$ ) İle İlgili Bulgular .....	156
3.2.3.8. Toplam Renk Değişimi ( $\Delta E^*$ ) İle İlgili Tartışma.....	168
<b>3.2.4. Parlaklık Ölçümlerine İlişkin Bulgular .....</b>	<b>172</b>
3.2.4.1. Liflere paralel parlaklık ( $//$ ) İle İlgili Bulgular.....	172
3.2.4.2. Liflere paralel parlaklık ( $//$ ) İle İlgili Tartışma .....	184
3.2.4.3. Liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) İle İlgili Bulgular.....	186
3.2.4.4. Liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) İle İlgili Tartışma.....	199
<b>3.2.5. Islanabilirlik Değerleri İle İlgili Bulgular.....</b>	<b>202</b>

3.2.6. Islanabilirlik İle İlgili Tartışma .....	215
<b>3.3. MEKANİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR.....</b>	<b>220</b>
3.3.1. Liflere Paralel Basınç Direncine İlişkin Bulgular.....	220
3.3.2. Liflere Paralel Basınç Direnci İle İlgili Tartışma .....	222
3.3.3. Eğilme Direncine İlişkin Bulgular.....	224
3.3.4. Eğilme Direnci İle İlgili Tartışma.....	227
3.3.5. Dinamik Eğilme (Şok) Direncine İlişkin Bulgular.....	229
3.3.6. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci İle İlgili Tartışma .....	232
3.3.7. Yüzeye Yapışma Direnci İle İlgili Bulgular.....	233
3.3.8. Yüzeye Yapışma Direnci İle İlgili Tartışma .....	244
<b>3.4. TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>246</b>
3.4.1. Janka Sertlik Değerine İlişkin Bulgular .....	246
3.4.2. Janka Sertlik Değeri İle İlgili Tartışma .....	251
<b>4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>254</b>
<b>5. KAYNAKLAR.....</b>	<b>260</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>284</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Isıl işlem tesisinin prensibi [51].....	10
Şekil 1.2. Isıl işlem sürecinde odunun ana bileşenlerinde meydana gelen kimyasal değişimler [55]. .....	11
Şekil 1.3. Selülozun moleküler yapısı [53].....	12
Şekil 1.4. Odun karbonhidratlarında bulunan tekli şeker üniteleri örnekleri [17], [53]. .....	14
Şekil 1.5. Lignin ana yapısının üç fenil propan monomer birimi örnekleri [17].....	15
Şekil 1.6. 160-240 °C'de 3 saat süreyle ısıl işlem uygulanmış çam odununun sıcaklık -yoğunluk grafiği [50], [74]. .....	18
Şekil 1.7. Ahşap ve ahşap koruyucu sistemlere yaşlandırmada etkili olan faktörler [102]. .....	31
Şekil 1.8. Elektromanyetik spektrumun yaklaşık dalga boyu ve boyutları [109]. .....	33
Şekil 1.9. Güneş ışığı ve UV-A 340 lambası ışığının dalga boyu analizi [112].....	34
Şekil 1.10. Ağaç malzeme yüzeyinde UV radyasyon ve rutubet etkisi ile meydana gelen bozunmanın şematik diyagramı (a: normal odun; b: yaşlandırmanın başlangıcında liflerin gevşemesi; c: lif kaybı; d: düşük yoğunluklu ilkbahar odununda oluklu görünüm) [114]. .....	35
Şekil 2.1. Amerikan dişbudak ( <i>Fraxinus americana</i> ) odunu (Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Gerede de bulunan fabrikası) [Foto Gürleyen].....	64
Şekil 2.2. Akkavak ( <i>Populus alba</i> ) ve aksögüt ( <i>Salix alba</i> ) odunları (Düzce Orman İşletme Müdürlüğü) [Foto Gürleyen]. .....	65
Şekil 2.3. Sentetik sistemin yapı şeması [204]. .....	67
Şekil 2.4. Emülsiyon polimerizasyonunun aşamaları; (a) başlamadan önce, (b) polimerizasyonun başlaması, (c) polimerizasyonun sürdürülmesi tüm miseller tükenmiş, (d) monomer damlaları tükenmiş, (e) polimerizasyonun sonlanması [204], [215]. .....	74
Şekil 2.5. Emülsiyon polimerizasyonunda yaş ve kuru filmde molekül dizilişleri [204], [213]. .....	76
Şekil 2.6. Su-bazlı tek bileşenli verniğin uygulaması [Foto Gürleyen]. .....	81
Şekil 2.7. Hızlandırılmış UV yaşlandırma uygulaması için hazırlanan deney örnekleri [Foto Gürleyen]. .....	82
Şekil 2.8. QUV accelerated weathering tester cihazı [Foto Gürleyen]. .....	82
Şekil 2.9. Hızlandırılmış test cihazındaki örneklerin yerleşimi [Foto Gürleyen]. .....	83
Şekil 2.10. PosiTector 200 test cihazı [Foto Gürleyen]. .....	84
Şekil 2.11. Deney örnekleri [Foto Gürleyen]. .....	86
Şekil 2.12. Tam kuru yoğunluğa ait deney örnekleri [Foto Gürleyen]. .....	87
Şekil 2.13. Renk ölçüm cihazı [Foto Gürleyen]. .....	87
Şekil 2.14. Datacolor 110 TM spectrophotometer cihazı (ASD Orman Ürünleri A.Ş. Fabrikası ARGE Laboratuvarı) [Foto Gürleyen]. .....	88
Şekil 2.15. Üç boyutlu CIE L*a*b* renk bölgeleri [8]. .....	89
Şekil 2.16. Boya / vernik katmanı yüzey parlaklık ölçüm cihazı [Foto Gürleyen]. .....	89

Şekil 2.17. Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi ve 60°'de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenme kriterleri [233].	90
Şekil 2.18. Sıvı yüzey durumu, temas açısı ve ıslanabilirlik ilişkisi [240].	92
Şekil 2.19. Damla analizi cihazının çalışma şeması; vertikal hareketli uç tablası (A), test edilecek katı yüzey (B), şırınganın damla kontrolü için yazılım kontrolündeki dozlama sistemi (C), sıvı saklama kabı (D), ışık kaynağı (E), yüksek hızlı video-kamera (F), Bilgisayar (G), Monitor (H) [241].	92
Şekil 2.20. Islanabilirlik test cihazında örneklerin ölçümü (İstanbul Üniversitesi) [Foto Gürleyen].	93
Şekil 2.21. Liflere paralel basınç direnci deney örneği.	94
Şekil 2.22. Eğilme direnci testi deney düzeneği.	96
Şekil 2.23. Eğilme direnci deneyi [Foto Gürleyen].	97
Şekil 2.24. Dinamik eğilme (şok) direnci deneyi	98
Şekil 2.25. Adezyon test cihazı [Foto Gürleyen].	99
Şekil 2.26. Çekme silindirin çevresindeki yapıştırıcı taşmalarının alınmasında kullanılan kesici alet [Foto Gürleyen].	99
Şekil 2.27. Janka metoduna göre sertlik deneyi.	101
Şekil 2.28. Janka sertlik deneyi [Foto Gürleyen].	102
Şekil 3.1. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyindeki kuru film kalınlığı karşılaştırma sonuçları.	105
Şekil 3.2. Hava kurusu ve tam kuru yoğunluğa ait karşılaştırma sonuçları.	107
Şekil 3.3. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde kırmızı renk değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.	113
Şekil 3.4. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.	121
Şekil 3.5. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde sarı renk değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.	129
Şekil 3.6. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.	137
Şekil 3.7. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ışıklılık değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.	145
Şekil 3.8. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.	153
Şekil 3.9. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde toplam renk değişimi değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.	160
Şekil 3.10. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi değerlerinin Duncan testi sonuçları.	168
Şekil 3.11. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde liflere paralel parlaklık (//) değerlerine ait sonuçları.	176
Şekil 3.12. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.	184
Şekil 3.13. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde liflere dik parlaklık (⊥) değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.	191
Şekil 3.14. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık (⊥) değerlerinin Duncan testi sonuçları.	199
Şekil 3.15. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ıslanabilirlik değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.	207
Şekil 3.16. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu	

etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	215
Şekil 3.17. Ağaç malzeme türü, ısıtma işlem düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.....	221
Şekil 3.18. Ağaç malzeme türü, ısıtma işlem düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.....	226
Şekil 3.19. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem ikili etkileşimine ait eğilme direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları.....	227
Şekil 3.20. Ağaç malzeme türü, ısıtma işlem düzeyinde dinamik eğilme direnci değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.....	230
Şekil 3.21. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem ikili etkileşimine ait dinamik eğilme direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları.....	231
Şekil 3.22. Ağaç malzeme türü, ısıtma işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yüzeye yapışma direnci değerlerine ait karşılaştırma sonuçları. ....	237
Şekil 3.23. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	243
Şekil 3.24. Ağaç malzeme türü, ısıtma işlem düzeyinde janka sertlik direnci değerlerine ait sonuçları. ....	249
Şekil 3.25. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem ikili etkileşimine ait janka sertlik direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları.....	251

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1. Isıl işlem uygulanmış kerestenin GZFT analizi [5], [16]. ....	30
Çizelge 1.2. Radyasyon yoğunlukları ve sınıflandırılması (yazın normal düşme açısında) [110]. ....	33
Çizelge 2.1. Avrupa Kızılağacı ( <i>Alnus incana</i> ) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri, [198] .....	61
Çizelge 2.2. Amerikan dişbudak ( <i>Fraxinus americana</i> ) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [199] .....	62
Çizelge 2.3. Akkavak ( <i>Populus alba</i> ) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [201] .....	63
Çizelge 2.4. Aksöğüt ( <i>Salix alba</i> ) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [203].....	64
Çizelge 2.5. Parlaklık değerlerinin sınıflandırılması [111]. ....	90
Çizelge 3.1. Kullanılan yüzey koruyucuların bazı özellikleri ve uygulama parametreleri.....	103
Çizelge 3.2. Kuru film kalınlığı ortalama değerleri ( $\mu\text{m}$ ).....	104
Çizelge 3.3. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyindeki kuru film kalınlıkları.....	105
Çizelge 3.4. Hava kurusu ve tam kuru yoğunluğa ait ortalama değerler ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) .....	106
Çizelge 3.5. Kırmızı renk ( $a^*$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler.....	109
Çizelge 3.6. Kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait varyans analizi sonuçları.....	112
Çizelge 3.7. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	112
Çizelge 3.8. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	113
Çizelge 3.9. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	114
Çizelge 3.10. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	114
Çizelge 3.11. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	115
Çizelge 3.12. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	115
Çizelge 3.13. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	116
Çizelge 3.14. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	116
Çizelge 3.15. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	117
Çizelge 3.16. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	118
Çizelge 3.17. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.....	119

Çizelge 3.18. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a*) ait Duncan testi sonuçları.....	119
Çizelge 3.19. Sarı renk (b*) ölçümlerine ait ortalama değerler.....	125
Çizelge 3.20. Sarı renk değerlerine (b*) ait varyans analizi sonuçları.....	128
Çizelge 3.21. Ağaç malzeme türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde sarı renk değerlerine (b*) ait Duncan testi sonuçları.....	129
Çizelge 3.22. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem etkileşiminde sarı renk değerlerine (b*) ait Duncan testi sonuçları.....	130
Çizelge 3.23. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde sarı renk değerlerine (b*) ait Duncan testi sonuçları.....	130
Çizelge 3.24. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerine (b*) ait Duncan testi sonuçları.....	131
Çizelge 3.25. Isıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait sarı renk değerlerinin (b*) Duncan testi sonuçları.....	131
Çizelge 3.26. Isıt işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerine (b*) ait Duncan testi sonuçları.....	132
Çizelge 3.27. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerine (b*) ait Duncan testi sonuçları.....	132
Çizelge 3.28. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşiminde sarı renk değerlerine (b*) ait Duncan testi sonuçları.....	133
Çizelge 3.29. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerinin (b*) Duncan testi sonuçları.....	133
Çizelge 3.30. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerinin (b*) Duncan testi sonuçları.....	134
Çizelge 3.31. Isıt işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerinin (b*) Duncan testi sonuçları.....	135
Çizelge 3.32. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerinin (b*) Duncan testi sonuçları.....	136
Çizelge 3.33. Işıklılık değeri (L*) ölçümlerine ait ortalama değerler.....	141
Çizelge 3.34. Işıklılık değerlerine (L) ait varyans analizi sonuçları.....	144
Çizelge 3.35. Ağaç malzeme türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ışıklılık değerlerine (L) ait Duncan testi sonuçları.....	144
Çizelge 3.36. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L) Duncan testi sonuçları.....	145
Çizelge 3.37. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L) Duncan testi sonuçları.....	146
Çizelge 3.38. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerine (L) ait Duncan testi sonuçları.....	146
Çizelge 3.39. Isıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L) Duncan testi sonuçları.....	147
Çizelge 3.40. Isıt işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L*) Duncan testi sonuçları.....	147
Çizelge 3.41. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L*) Duncan testi sonuçları.....	148
Çizelge 3.42. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L*) Duncan testi sonuçları.....	148
Çizelge 3.43. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L*) Duncan testi sonuçları.....	149
Çizelge 3.44. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L*) Duncan testi sonuçları.....	150

Çizelge 3.45. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin ( $L^*$ ) Duncan testi sonuçları. ....	151
Çizelge 3.46. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin ( $L^*$ ) Duncan testi sonuçları.....	151
Çizelge 3.47. Toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler. ....	156
Çizelge 3.48. Toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerine ait varyans analizi sonuçları. ....	159
Çizelge 3.49. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	160
Çizelge 3.50. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerine ait Duncan testi sonuçları. ....	161
Çizelge 3.51. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	161
Çizelge 3.52. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	162
Çizelge 3.53. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	162
Çizelge 3.54. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	163
Çizelge 3.55. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	163
Çizelge 3.56. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	164
Çizelge 3.57. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	164
Çizelge 3.58. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi değerlerinin ( $\Delta E^*$ ) Duncan testi sonuçları. ....	165
Çizelge 3.59. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	166
Çizelge 3.60. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	166
Çizelge 3.61. Liflere paralel parlaklık (//) ölçümlerine ait ortalama değerleri. ....	172
Çizelge 3.62. Liflere paralel parlaklık (//) değerlerine ait varyans analizi sonuçları....	175
Çizelge 3.63. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde liflere paralel parlaklık (//) değerlerine ait Duncan testi sonuçları. ....	176
Çizelge 3.64. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	177
Çizelge 3.65. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.....	177
Çizelge 3.66. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	178
Çizelge 3.67. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	178
Çizelge 3.68. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	179
Çizelge 3.69. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	179

Çizelge 3.70. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	180
Çizelge 3.71. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	180
Çizelge 3.72. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	181
Çizelge 3.73. Isıt işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	182
Çizelge 3.74. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	182
Çizelge 3.75. Liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler. ....	187
Çizelge 3.76. Liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerine ait varyans analizi sonuçları. ....	190
Çizelge 3.77. Ağaç malzeme türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerine ait Duncan testi sonuçları... ..	190
Çizelge 3.78. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	191
Çizelge 3.79. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	192
Çizelge 3.80. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	192
Çizelge 3.81. Isıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	193
Çizelge 3.82. Isıt işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	193
Çizelge 3.83. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	194
Çizelge 3.84. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	194
Çizelge 3.85. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.....	195
Çizelge 3.86. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	195
Çizelge 3.87. Isıt işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.....	196
Çizelge 3.88. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları. ....	196
Çizelge 3.89. Islanabilirlik ölçümlerine ait ortalama değerler (CA ( $^{\circ}$ )). ....	202
Çizelge 3.90. Islanabilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları. ....	206
Çizelge 3.91. Ağaç malzeme türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ıslanabilirlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları (CA ( $^{\circ}$ )). ....	206
Çizelge 3.92. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA ( $^{\circ}$ ))......	207
Çizelge 3.93. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA ( $^{\circ}$ ))......	208
Çizelge 3.94. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA ( $^{\circ}$ )). ....	208

Çizelge 3.95. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).	209
Çizelge 3.96. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).	209
Çizelge 3.97. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).	210
Çizelge 3.98. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).	210
Çizelge 3.99. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).	211
Çizelge 3.100. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).	212
Çizelge 3.101. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).	212
Çizelge 3.102. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).	213
Çizelge 3.103. Liflere paralel basınç direnci ölçümlerine ait ortalama değerler (N/mm <sup>2</sup> ).	220
Çizelge 3.104. Liflere paralel basınç direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları.	220
Çizelge 3.105. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ).	221
Çizelge 3.106. Eğilme direnci ölçümlerine ait ortalama değerler (N/mm <sup>2</sup> ).	225
Çizelge 3.107. Eğilme direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları.	225
Çizelge 3.108. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ).	225
Çizelge 3.109. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait eğilme direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ).	226
Çizelge 3.110. Dinamik eğilme direnci ölçümlerine ait ortalama değerler (N/mm <sup>2</sup> ).	229
Çizelge 3.111. Dinamik eğilme direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları.	230
Çizelge 3.112. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde dinamik eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ).	230
Çizelge 3.113. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait dinamik eğilme direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ).	231
Çizelge 3.114. Yüzeye yapışma direnci ölçümlerine ait ortalama değerler (MPa).	234
Çizelge 3.115. Yüzeye yapışma direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları.	236
Çizelge 3.116. Ağaç malzeme türü, vernik çeşidi, ısıl işlem ve yaşlandırma periyodunun yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (MPa).	236
Çizelge 3.117. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).	237
Çizelge 3.118. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).	238
Çizelge 3.119. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).	238
Çizelge 3.120. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).	239
Çizelge 3.121. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).	239

Çizelge 3.122. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa). .....	240
Çizelge 3.123. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa). .....	240
Çizelge 3.124. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa). .....	241
Çizelge 3.125. Isıt işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa). .....	241
Çizelge 3.126. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa). .....	242
Çizelge 3.127. Janka sertlik direnci ölçümlerine ait ortalama değerler (N/mm <sup>2</sup> ).....	247
Çizelge 3.128. Janka sertlik direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları. ....	248
Çizelge 3.129. Ağaç malzeme türü, ısıt işlem düzeyinde enine, teğet ve radyal kesit yönlerindeki janka sertlik direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ). .....	248
Çizelge 3.130. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem etkileşimine ait janka sertlik direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ).....	250

## KISALTMALAR

ASTM D	American Society for Testing and Materials
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
CIEL*	Renk aralığı
cm	Santimetre
cm <sup>3</sup>	Santimetreküp
DIN	Deutsch Institute Norm
DP	Polimerizasyon derecesi
E-Mod	Elastikiyet modülü
FTIR	Fourier transform infrared (Fourier dönüşümlü kızılötesi)
g	Gram
HG	Homojenlik grubu
kg	Kilogram
Km	Katı madde (%)
KMK	Kritik Misel Konsantrasyonu
m <sup>2</sup>	Metrekare
m <sup>3</sup>	Metreküp
mm	Milimetre
mm <sup>2</sup>	Milimetrekare
TS EN	Türk Standartları Enstitüsü Euro Norm
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UV	Ultraviole
VOC	Volatile Organic Compounds
VTT	Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (Finlandiya teknik araştırma merkezi)

## SİMGELER

a	Eğil direnci
Å	Angstron
a*	Kırmızı renk değeri
b*	Sarı renk değeri
$\beta_r$	Radyal yönde daralma yüzdesi
$\beta_t$	Teğet yönde daralma yüzdesi
$\beta_v$	Hacmen daralma yüzdesi
°C	Santigrat derece
Çb	Buharlaşan çözücü (g)
D	Dara (g)
D <sub>12</sub>	Hava kurusu haldeki yoğunluk
D <sub>0</sub>	Tam Kuru haldeki Yoğunluk
E	Kuru ağırlık (g)
G	Yaş ağırlık (g)
$\Delta E$	Toplam renk değişim değeri
$\mu$	Mikron
$\mu m$	Milimikron
$\sigma$	Öz iletkenlik
$\sigma_b//$	Basınç direnci
$\sigma_{\checkmark}//$	Çekme direnci
$\sigma_e$	Eğilme direnci
Vu	Uygulanan vernik (g)

## ÖZET

### ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ BAZI AĞAÇ TÜRLERİNE UYGULANAN SENTETİK VERNİK, SU-BAZLI VERNİK VE TİK YAĞI KATMANLARININ HIZLANDIRILMIŞ UV YAŞLANDIRMA ETKİSİNE KARŞI DİRENCİNİN SAPTANMASI

Tuğba GÜRLEYEN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora tezi

Danışman: Prof. Dr. Cengiz GÜLER

Haziran 2018, 283 sayfa

Bu çalışmada, ısıl işlem görmüş yabancı ağaç türlerinden, Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) ve Avrupa kızılbaş (*Alnus incana*), yerli ağaç türlerinden akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri belirlenmiştir. Bu dört ağaç türü iki farklı sıcaklık (190 °C, 212 °C) ve 2 farklı zamanda (1,5 ve 2 saat) ısıl işleme tabi tutulmuştur. Isıl işleme tabi tutulan test örneklerinde fiziksel özelliklerden; hava kurusu ve tam kuru yoğunluk, mekanik özelliklerden; liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve dinamik eğilme (şok) direnci; teknolojik özelliklerden ise sertlik (janka) direnci belirlenmiştir. Daha sonra örnekler her bir grup için, sentetik vernik, su bazlı tek bileşenli vernik ve tik yağı endüstriyel uygulamalara uygun olarak tatbik edilmiştir. Elde edilen örnekler, UV-A 340 nm florasan lambalarının bulunduğu QUV accelerated weathering tester cihazında; 144, 288 ve 432 saat süre boyunca UV ışığına maruz bırakılmış ve yaşlandırma periyotları sonlarında vernik katmanlarında; renk ( $\Delta E^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), parlaklık, ıslanabilirlik ve yüzeye yapışma dirençleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; ısıl işlem görmüş örneklerde; ısıl işlem sıcaklığının artması ile eğilme direnci ve dinamik eğilme (şok) direnci değerlerinde azalma tespit edilmiş olup, liflere paralel basınç direnci ile janka sertlik direnci değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Farklı vernik çeşidi uygulanmış olan örneklerde ısıl işlem düzeyinde ısıl işlem sıcaklığının artması ile; kırmızı renk ( $a^*$ ), sarı renk ( $b^*$ ), renk parlaklık ( $L^*$ ), toplam renk ( $\Delta E^*$ ), liflere paralel (//) parlaklık, liflere dik ( $\perp$ ) parlaklık, yüzeye yapışma direnci ve ıslanabilirlik testi temas açısı değerlerinde azalma tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodu düzeyinde yaşlandırma süresinin uzaması sonucunda ise; kırmızı renk ( $a^*$ ), sarı renk ( $b^*$ ), liflere paralel (//) parlaklık, liflere dik ( $\perp$ ) parlaklık ve yüzeye yapışma direnci değerlerinde azalma, renk parlaklık ( $L^*$ ), toplam renk ( $\Delta E^*$ ) ve ıslanabilirlik testi temas açısı değerlerinde artış belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Ağaç malzeme, Isıl işlem, UV yaşlandırma, Vernik.

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF THE RESISTANCE OF THE LAYERS OF TEAK OIL, SYNTHETICAL VARNISH AND WATER BASED LAYERS THAT ARE APPLIED ON CERTAIN HEAT-TREATED WOOD SPECIES AGAINST ACCELERATED UV AGEING EFFECT

Tuğba GÜRLEYEN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Industry  
Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Cengiz GÜLER

June 2018, 283 pages

The objective of this study were determined some physical, mechanical and technological properties of some foreign heat-treated woods such as American Ash (*Fraxinus Americana*), European Alder (*Alnus incana*) and also those of some national heat-treated woods such as white poplar (*Populus alba*) and white willow (*Salix alba*) the four above mentioned wood types will be heat - treated at two different temperatures of 190 °C and 212 °C and for two different durations of 1.5 and 2 hours. By making use of the heat-treated test samples, of the physical properties; air-dry density, oven dry density, of the mechanical properties; compression strength parallel to grain, bending strength, and dynamical bending (shock) strength, and of the technological properties the hardness value (janka) were determined. Then, for each group on the material surfaces, synthetic varnish, one component water-based varnishes and teak oil were applied in industrial applications. The acquired materials after these processes were exposed to UV light for 144, 288 and 432 hours in a QUV accelerated weathering tester device with UV-A 340 nm fluorescent lamps and at the end of age hardening periods, color ( $\Delta E^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ), glossiness, wettability and surface adhesion strength were determined in the varnish layers. As a result; in heat-treated test samples, decrease in bending strength and dynamical bending (shock) strength values were determined by increasing the heat treatment temperature and it was determined that there was an increase in the strength values of the hardness (janka) and the compression strength parallel to grain. In the test samples with different varnish types, the heat treatment temperature increased at the heat treatment factor level, the  $a^*$  values, the  $b^*$  values, the lightness ( $L^*$ ), the total color change ( $\Delta E^*$ ), parallel (//) glossiness to grain, perpendicular ( $\perp$ ) glossiness to grain, surface adhesion strength and wettability test contact angle values were found to be decreased. At the weathering period level, a decrease in the  $a^*$  values, the  $b^*$  values, the parallel (//) glossiness to grain values, perpendicular ( $\perp$ ) glossiness to grain and surface adhesion strength values were determined as an increase in the lightness ( $L^*$ ), the total color change ( $\Delta E^*$ ) and wettability test contact angle values as a result of the elapse of the weathering time.

**Keywords:** Heat-treatment, UV-Weathering, Varnish, Wood material.

## **EXTENDED ABSTRACT**

### **DETERMINATION OF THE RESISTANCE OF THE LAYERS OF TEAK OIL AND SYNTHETICAL VARNISH THAT ARE APPLIED ON CERTAIN HEAT- TREATED WOOD SPECIES AGAINST ACCELERATED UV AGEING EFFECT**

Tuğba GÜRLEYEN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Industry

Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Cengiz GÜLER

June 2018, 283 pages

#### **1. INTRODUCTION**

From past to present day, wood material has been found suitable for many purposes and served many functions. Hard and durable wood species are used where mechanical and physical strength are required. Until recently, the only industrial application used to increase the resistance of wood was to impregnate wood with toxic materials. This type of wood protection is not preferred because it is not environmentally friendly. For this reason, the use of wood modified with chemicals is limited to the specific applications required in general. The heat treatment applications of different modification techniques for improving this limited use have been highly appreciated and many studies have been done about this area. Despite the reductions in some mechanical properties, the heat treatment is friendly and non-hazardous operation due to the absence of heat treatment chemicals applied under various conditions. In the scope of this study, heat treatment was applied to the surfaces and some physical, mechanical and technological properties were determined. Later, various varnish types and teak oil were applied to the material surfaces and exposed to UV light on a QUV accelerated weathering tester with fluorescent lamps. After aging periods; color, gloss and adhesion to the surface have been determined. Afterwards, the same samples were subjected to wettability test.

## 2. MATERIAL AND METHODS

Among the native tree species that are required to be investigated within the scope of the thesis study, white poplar (*Populus alba*) and white willow (*Salix alba*) tree species and European alder (*Alnus incana*) tree species and American ash (*Fraxinus americana*) were preferred. Wood specimens were heat treated in a computer controlled test furnace at the plant, at 190 °C for 1.5 hours and at 212 °C for 2 hours in accordance with the principles specified in the ThermoWood method. Afterwards, the same wood samples were applied with synthetic varnish, water-based one component varnish and teak oil. After the varnish application, accelerated UV aging was applied to the test specimens. From the physical properties, air-dry density, oven dry density, layer thickness, color measurement, surface gloss measurement, surface adhesion and wettability values were determined. Compressive strength parallel to grains, bending strength, dynamic bending (Shock) strength were determined from mechanical properties, and janka hardness strength was determined from technological properties.

## 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The used surface showed the highest ratio of solid matter (47.1%) among the preservatives, followed by teak (32.9%) and water based (27.7%) varnish respectively. While the thickness of the layer remained the same in the first stage of the aging period, it was found that the thickness of the layer did not make a significant difference in the following periods. According to the results obtained, it is seen that the density value decreases with the increase of heat treatment temperature and duration. The increase in heat treatment temperature and time has led to a thickening of the color in all types of wood. The type of wood material most influenced by this situation was synthetic varnish as the European alder (*Alnus incana*) varnish variety. Parallel (//) glossiness to grain and perpendicular (⊥) glossiness to grain the highest value was seen in American Ash (*Fraxinus Americana*) wood. The highest glossiness value was obtained in the synthetic varnish, the lowest teak oil application. The contact angle value was obtained in the highest white willow (*Salix alba*) wood, lowest in the European Alder (*Alnus incana*) wood. As the heat treatment temperature and duration increased, the value of contact angle decreased. The highest contact angle value was obtained for teak oil application and the lowest for water-based varnish application. The aging process has been shown to increase the contact angle value. The bending strength was observed in the highest American Ash (*Fraxinus Americana*) wood, followed by the European Alder

(*Alnus incana*), white poplar (*Populus alba*) and white willow (*Salix alba*) wood. American Ash (*Fraxinus Americana*) wood can be explained by the fact that the high bending strength value has the highest density value compared to other wood types. Dynamic bending strength is seen in the highest American Ash (*Fraxinus Americana*) wood. It has been found that heat treatment reduces the dynamic bending strength by 2.5 times. The adhesion value to the surface was obtained in the lowest white poplar (*Populus alba*) and white willow (*Salix alba*) woods in the highest value to American Ash (*Fraxinus Americana*) wood. Janka hardness strength was observed in the highest European Alder (*Alnus incana*) wood, followed by American Ash (*Fraxinus Americana*), white poplar (*Populus alba*) and white willow (*Salix alba*) woods. Compared to the other sections, the cross-section jank hardness value increased by 2 times.

#### **4. CONCLUSION AND OUTLOOK**

Similar researches to be carried out in the future are thought to be more specific to the subject and contribute more to the industry by increasing variations on a single wood material (varnish type, heat treatment temperature and duration, weathering period number etc.) and test numbers (physical, mechanical, technological, etc.). If more than one type of wood material is to be explored, it would be beneficial to include hardwood and softwood together in order to be able to see the differences.

- It is suggested that synthetic varnish, which are 1,7 times higher than water-based varnish, may be preferred when surface treatments are applied. When it is desired to gain aesthetic value to the wood material, to reduce the density and to obtain antifungal properties, especially in outdoor furniture, in damp areas and wet places, it is recommended to use heat treated wood materials.
- It is advisable to have a glossy wood surface as the surface treatments and to use synthetic varnish application which gives 3 times more gloss value than water based varnish and 7 times more gloss value than teak oil as varnish type.
- It is advisable to use water-based varnish when heat-treated wood material is not desired to be darkened, and to use synthetic varnish when it is desired to obtain a more reddish dark color.

# 1. GİRİŞ

Yenilenebilir bir kaynak ve doğal bir malzeme olan ağaç malzeme, tarih boyunca eşsiz özellikleri ile ev yapımında, mobilya yapımında, el aletlerinde, araçlarda, dekoratif objelerde ve süs eşyalarının yapımında yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Günümüzde ise hala, aynı nedenlerle, çok sayıda kullanım alanı bulan ağaç malzeme sert ve dayanıklı olan türleri ile mekanik ve fiziksel dayanım gerektiren yerlerde, örneğin; gemi yapımında, fiçı yapımında, hayvan barınaklarında, ambarların yapımında, tarım aletlerinin yapımında, demiryollarında, çatılarda, çit direklerinde ve yer döşemelerinde vb. alanlarda kullanılmaktadır. Ancak, her ağaç türü için aynı mukavemet gösterme durumu söz konusu olamamış ve yapısal özellikleri gereği zayıf olan odun türleri, gereken ihtiyaçlara cevap verememiştir.

[1] yaptığı çalışmada belli şartlar ve coğrafi koşullar altında yetişen ağaçlardan elde edilen odunların mekanik etkilere mukavemetinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Günümüzde de ağaç malzeme üzerine yapılan güncel araştırmalardan birisi olan [1]'in sonuçlarına göre; elde edilen veriler ışığında ağacın yetiştiği coğrafi konumun ve büyüme koşullarının odunun özelliklerini önemli ölçüde etkilediği kanıtlanmıştır. Bu durum ağaç malzemenin tüm koşullarda kullanılabilir bir yapı malzemesi olmasını engellemektedir. Ağaç malzemenin kullanılan diğer yapı malzemelerinden farkı biyolojik dayanımı ve yapısal özellikleridir [2]. Ahşap, ağacın ihtiyaçlarına hizmet etmek için birlikte hareket eden birçok kimyasal bileşenin ve farklı hücre tipinin bir karışımıdır ve karışık bir biyolojik yapıya sahiptir. Ahşap teknolojisi bağlamında ağaç malzemeyi anlamaya çalışırken bitkilerde meydana gelen üç temel yaşamsal olayı çok iyi bilmek gerekmektedir. Bir bitkinin üç temel işlevi yerine getirmek adına milyonlarca yıl boyunca evrim geçirdiğini göz ardı etmeden, köklerinden yapraklara kadar su iletim görevini gerçekleştirdiğini, ağacın büyümesi adına gövdesindeki mekanik desteği artırması gerektiğini ve bazı biyokimyasalları depolaması gerektiği gerçeğini çok iyi anlamak gerekir. Ağacın ihtiyaçlarını karşılamak için evrimleştiği gerçeğinden türetilmeyen, fiziksel, mekanik, kimyasal, biyolojik veya teknolojik olarak geliştirilen modifiye ahşabın hiçbir özelliği olmayacaktır. Su iletimi, mekanik destek ve biyokimyasalları depolama görevi olarak bilinen üç işlevden herhangi birini başarmak

adına, ağacın yapısında bu şekilde tasarlanan ve birbirine bağlanan hücrelere sahip olması gerekmektedir. Bu üç işlev, yaklaşık 20.000 farklı odunsu bitki türünün evrimini etkilemiştir. Bu işlevler tarafından belirlenen temel gereksinimleri anlamak ve bunları gerçekleştiren ağacın yapısını tanımlayabilmek, bir mühendislik malzemesi olarak ahşabın iç yapısının iyi kavranmasını sağlayacaktır [1], [3]. Ağaç malzeme aynı zamanda ekosistem dönüşümünde en temel kaynaklardan biri olan yenilenebilir bir kaynaktır. Dönüşüm denilen süreçte biyodegradasyon denilen işlem (yaşayan mikrobiyal organizmalar tarafından organik bileşiklerin enzimler kullanılarak küçük parçalara ayrılması işlemi) yaşanmaktadır. Ancak biyolojik bozunabilirlik süreci ağaç malzemenin dönüşümünü sağlamanın yanı sıra malzeme özellikleri bakımından dezavantaj yaratan bir durum olarak değerlendirilmektedir. Doğal kompozit bir malzeme olan ağaç malzemenin ikinci dezavantajı ise değişen nem oranlarına karşı kararsızlığı ve hassasiyetidir. Hızlı yetişen ağaç türlerinin çoğunluğu biyolojik ve fiziksel etkiler altında hızlı bozulma eğilimindedir. Özellikle diri odun kısımlarının dayanımının düştüğü gözlenmiştir. Mantar etkisi ağaç malzeme için en önemli biyolojik etkilerden birisidir. Tropikal ağaçların yetiştiği ılıman iklim ormanlarından elde edilen kerestelerin birçok türü kullanımı düşünülen yerler için yeterli dayanımı sağlayamamaktadır. Bu problem çeşitli biyositlerin (örneğin kreozot, arsenik, çinko, bakır, krom vb.) kullanımı ile veya kısmen ağacın diri odun kısımları kullanılarak çözülmeye çalışılmaktadır. Bilinen odun koruma yöntemleri ise çevre dostu olmadığından tercih edilmemektedir [4]. Ancak çevre dostu olmamasına rağmen yakın zamana kadar ağaç malzemenin dayanımını artırmak için kullanılan tek endüstriyel uygulama toksik malzemelerle odunun emprenye edilmesi idi. Bu alanda her ne kadar ilerleme sağlanmış ve toksik maddelerin salınımı azaltılmış olsa da genel kanı çevre dostu olmayan bir yöntem olmasıdır. Ağaç malzemenin modifiye edilmesindeki amaç dayanımını toksik maddelerle geliştirmek yerine malzemenin iç tabakalarına müdahale ederek çevre dostu bir yöntem geliştirmektir. Modifiye edilmiş bir ağaç malzemede dayanımının artmasının yanı sıra boyutsal stabilitesi, UV direnci, sertlik değeri ve adsorpsiyon davranışı değiştirilerek geliştirilmektedir. Ağaç malzemenin kullanıldığı tüm yerlerde bu tür gelişmeler ağaç malzemeyi işlem görmemiş bir ağaç malzemeye göre çok daha kullanışlı hale getirecektir [2].

Günümüzde çok değerli bir mühendislik malzemesi olan ve teknolojik ilerlemelerle daha da kullanışlı hale gelen ağaç malzemeyi hammaddeler arasında en önde tutan

özelliklerinden bir diğeri birçok talebe cevap verebilecek çeşitliliği, boyutu, kullanıma uygun deseni ile her koşulda temin edilebilme özelliğidir [1]. Ayrıca kuru odunun ısıya, sese ve elektriğe karşı yüksek yalıtım özellikleri vardır. Kullanıldığı bazı alanlarda titreşimleri absorbe etme özelliğinin yanısıra, sesi düzgün yayma eğiliminden ötürü müzik enstrümanlarının yapımında kullanılan eşsiz bir malzemedir. Desen çeşitliliği, renkleri ile estetik açıdan çok hoş görünen odun, verniklerle, cilalarla ve ahşap boyalarıyla kolayca renklendirilebilir, ayrıca makinelerde ve el aletleriyle kolayca şekillendirilebilir. Çivi, vida, cıvata ve dübel tutma kabiliyeti yüksektir. Kolay tamir edilebilir özelliğinden dolayı, ahşap yapılar restore edilebilirler. Maruz kaldığı bir takım dışsal etkilere karşı dayanımı yüksektir. Örneğin oksidasyon etkisine, asitlere, tuzlu suya ve diğer aşındırıcı maddelere karşı koruyuculuğu ve direnci yüksektir. Ayrıca koruyucu bazı maddeler ve yangın geciktiricilerle işlem görürse hem fonksiyonel hemde estetik kullanımlar için hemen hemen tüm mekânlarda diğer malzemelerlede birleştirilerek rahatça kullanılabilir [1]. Ancak insan nüfusundaki artış, ağaç malzemeye olan ihtiyaç ve diğer amaçlar için kullanılan ahşap ürünlerindeki oransal artış kaliteli kereste içeren orman kaynaklarında olumsuz etki yapmakta ve kaynakların azalmasına sebep olmaktadır. Son yıllarda artış gösteren sera gazı etkisiyle; topraklarda erozyon oluşumunun negatif etkilerinin arttığı ve bunun yanı sıra orman alanlarının azalmasından kaynaklanan biyolojik çeşitliliğin azaldığı gözlenmektedir. Kaliteli ve dayanımı yüksek olarak bilinen ağaç malzemenin mevcut orman kaynakları içerisinde oldukça azaldığı gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Bu durumda kalitesi düşük ve dayanımı az olan ağaç malzemenin yeterli rezervinin kullanımını artırmak için boyutsal stabilitesini ve dayanıklılığını artırmak odun modifikasyon teknolojileri ile mümkün olabilmektedir [5]. Tropik ağaç türlerinin kullanımında ise politik bir takım sorunlardan kaynaklanan ulaşım ve alım süreçlerindeki zorluklar ahşap endüstrisini farklı alternatifler arayışı içerisine itmiştir. Bu sorunun nihai çözümünün geliştirilmiş özelliklere sahip yerli ağaç türlerinin kullanımının olacağı düşünülmüştür [4].

Odunun bir materyal olarak sunduğu güçlü yanları ve kısıtlamaları daha iyi anlayabilmemiz için ağacı iyi çözümlenmek gereklidir. Pek çok özel uygulama ile ahşabın performansı iyileştirilebilir ve özellikleri geliştirilebilir. Örneğin su iticiliğini, boyutsal kararlılığını, asitlere veya bazlara karşı direncini, ultraviyole radyasyon etkisine karşı direncini, biyo-bozulmaya, termal bozulmaya karşı direncini geliştirmek adına bazı kimyasallarla modifiye etmek mümkündür. Modifiye edilmiş odunların

maliyeti genellikle kimyasalların maliyeti ve bunları üretmek için gereken özel işlemlerden dolayı odundan daha pahalıya mal olmaktadır. Bu nedenle, kimyasallarla modifiye edilen odun kullanımı genel olarak ihtiyaç duyulan özel uygulamalarla sınırlıdır. Bu sınırlı kullanımın geliştirmesine yönelik farklı modifiye tekniklerinden ısı işlem uygulamaları çok değer görmüştür. Oduna ısı ile muamele edilmesi, odun numunesinin tüm kütlesi içindeki hücre duvarı bileşenlerini değiştirmektedir. Bu değişimlerde meydana gelen kimyasal modifikasyon süreci sonunda odun kimyasal olarak değişime uğramış olsada bu süreç odunun boyutsal kararlılığın artmasıyla sonuçlanır. Odunun stabilitesi ve su iticiliği artarken sertlik direnci ve aşınma direnci gibi bazı mukavemet özelliklerinde azalmalar gözlenmiştir [1]. Ayrıca ısı işlem uygulaması sonucu odunun rengi koyulaştığı gibi, odunda çatlaklar oluşabilir ve bazende yarılmalar görülebilmektedir. Ancak odunda meydana gelen renk koyulaşması bazı durumlarda istenilen ve tercih edilen bir özellik olabilmektedir. Odunda meydana gelen bazı mekanik özelliklerdeki azalmalara rağmen çeşitli koşullar altında uygulanan ısı işlem kimyasal madde içermemesi sebebiyle çevreye dost ve tehlikesiz bir işlemdir [6].

Bu çalışmada ağaç malzeme deney örneklerine ısı işlem sonrası UV yaşlandırma uygulanmıştır. Yaşlandırma olarak bilinen weathering ifadesi; malzemelerin dış hava şartlarında fiziksel ve kimyasal olarak bozulmasını tanımlayan genel bir terimdir (örneğin, kayaların çatlaması ve dağılıp dökülmesi, metallerin korozyonu ve organik malzemelerin fotodegradasyonu). Odun üç temel organik bileşen olan, karbonhidratlar (selüloz ve hemiselülozlar), lignin ve ekstraktif maddelerden oluşmaktadır. Weathering işlemi bu bileşenlerin her birini farklı etkileyeceğinden, odunun fiziksel, kimyasal özellikleriyle beraber boyanabilirliğini de etkileyecektir. Organik materyallerin fotodegradasyonunu kolaylaştıran etkiler arasında, güneş ışığının ultraviyole (UV) radyasyon etkisi, rutubet, sıcaklık değişimleri, donma-çözülme döngüleri, rüzgârla dağılan parçacıkların aşındırma etkisi ve mikroorganizmaların gelişmesi olarak sıralayabiliriz. Bozunma tüm odun yüzeylerinde, diğer tüm ahşap ürünlerin yüzeyinde ve cilalanmış yüzeylerde meydana gelebilmektedir [1].

Tez çalışması kapsamında, odun örneklerine bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik testler uygulanmış ve sonuçlar detaylı olarak incelenmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı,

- Özellikle ülkemizde yetişen, hızlı büyüyen ve ekonomik değeri düşük olan yerli ağaç malzeme türlerini modifiye ederek değer kazandırmak ve ülke ekonomisine katkı sağlamak amacı ile akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) ağaç türleri tercih edilmiştir. Yerli ağaç türleri ile yabancı ağaç türlerini karşılaştırabilmek amacı ile orman ürünleri endüstrisinde çokça kullanılan Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) ve Avrupa kızılacağı (*Alnus incana*) ağaç türleri seçilmiştir.

- ThermoWood metoduna göre 190 °C'de 1,5 saat ve 212 °C'de 2 saat sürelerde ısıtım işlem görmüş Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*), Avrupa kızılacağı (*Alnus incana*), akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) odunlarına uygulanan; hava kurusu yoğunluk, tam kuru yoğunluk, liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci, dinamik eğilme direnci, sertlik (janka) değeri ve ıslanabilirlik testi sonrasında elde edilen sonuçları irdelemek,

- ThermoWood metoduna göre 190 °C'de 1,5 saat ve 212 °C'de 2 saat sürelerde ısıtım işlem görmüş ve endüstriyel uygulamalara uygun olarak firma önerileri doğrultusunda sentetik vernik, su bazlı tek bileşenli vernik ve tik yağı uygulanmış Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*), Avrupa kızılacağı (*Alnus incana*), akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) odunlarından elde edilen vernikli malzemelerin hızlandırılmış QUV yaşlandırma cihazında 144, 288 ve 432 saat süreleri boyunca UV ışınlarına maruz bırakılarak, yaşlandırma öncesi ve yaşlandırma sonlarında oluşan değişikliklerin tespit edilmesi,

- Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtım işlem görmüş Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*), Avrupa kızılacağı (*Alnus incana*), akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) odunlarının sentetik vernik, su bazlı tek bileşenli vernik ile verniklendikten ve tik yağı uygulaması yapıldıktan sonra elde edilen malzemelerin çeşitli uygulama alanlarında kullanılabilirliği yönünde fırsat ve kısıtları ortaya koymak,

- Isıtım işlem görmüş ahşap malzemeler üzerine sentetik vernik, su bazlı tek bileşenli vernik ve tik yağı uygulamalarının üst yüzey işleme performansı üzerine etkilerini ortaya koymaktır.

Bu çalışmada, insan ve çevre sağlığına hiçbir olumsuz etkisi bulunmayan ısıtım işlem metodu uygulanmış bazı ağaç türleri odunlarının mobilya endüstrisinde en fazla tercih edilen tik yağı ve iki vernik ile üst yüzey işlemlerine tabi tutularak UV yaşlandırma

nedeniyle meydana gelen çeşitli özelliklerindeki değişimlerin belirlenip bilim camiasının ve orman ürünleri sektörünün ihtiyaç duyduğu bilimsel veriler elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu hedefler doğrultusunda; orman ürünleri endüstrisinde daha çok tercih edilen iki yabancı ağaç türü ile iki yerli ağaç türü seçilmiştir. Thermowood işlemi uygulandıktan sonra 3 farklı üstyüzey uygulaması (su bazlı tek bileşenli vernik, sentetik vernik, tik yağı) sonrası yaşlandırma işlemi yapılmıştır. Daha sonra çeşitli fiziksel, mekanik ve teknolojik testler uygulanarak elde edilen veriler istatistiksel anlamda irdelenmiştir.

## **1.1. ISIL İŞLEM**

### **1.1.1. Isıl İşlem Hakkında Genel Bilgiler**

Odun modifikasyonu, odunun bir takım dezavantajlarını aşmak adına yapılan iyileştirme ve bu dezavantajları değiştirme çabası olarak tanımlanabilmektedir [7]. Bir başka tanım ise odunun hücre duvarı polimerlerinin (selüloz, hemiselüloz ve lignin) ve moleküler yapısının değiştirildiği işlemdir [2]. Modifikasyon işlemi, odunun malzeme özelliklerini iyileştirmek için kullanılan bir yöntem olması ile birlikte modifiye edilmemiş bir odunun kullanım ömrü sonundaki atıl durumunda olduğu kadar çevreye etki etmesi yani tehlike arz etmemesini amaçlanan bir sistemdir [7]. Isıl işlem ağaç malzemenin özelliklerini değiştirerek boyutsal olarak daha kararlı ve daha higroskopik bir malzeme oluşturmayı amaçlamaktadır. Yöntemin temel fikri; odunda kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ısı ile muamele edilmesidir [8]. Eski çağlardan beri odunun özelliklerinin modifiye edilmesinde kullanılan metotlar arasında odunun ısıtılması ve kurutulması mevcuttur. Endüstriyel olarak ise günümüzde ısı ile muamelesi aynı sebeplerle kullanılmaktadır. Isıl işlemle odunun biyolojik direnci ve boyutsal stabilizasyonu iyileştirilebilmektedir ayrıca odunun rengi de değişmektedir ancak tüm bunlar 150 °C ve üstündeki sıcaklıklardaki işlem sonucunda oluşmaktadır. Tüm bu iyileştirmelerin yanında odunun kimyasal yapısı değişmekte ve odunun mekanik özelliklerinde düşüşler olmaktadır. Bu durum ısı ile muamele edilmiş odunun dezavantajıdır ve kullanım alanını sınırlamaktadır [9]. Isıl işlem uygulaması sonucu yapraklı ağaç türlerinin iğne yapraklı ağaç türlerine göre ısıl işleme daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlem ağaç malzemenin çürüme dayanımını artırabilir ancak yüksek maliyeti ve olumsuz etkilenmiş mekanik direnç etkilerini de beraberinde getirecektir. Ayrıca ısıl işlem görmüş ağaç malzemenin zeminle olan temasının incelenmesi için

daha çok alan çalışmasına ve laboratuvar verilerine ihtiyaç duyulmaktadır [10]. Yapılan çalışmalar [11], [12] sonucunda ısıtım işlemi uygulanmış odunun daha kırılabilir hale geldiği ve gevrekliğinin arttığı söylenebilmektedir.

Finlandiya'da en çok kullanılan odun modifikasyon yöntemlerinden biri olan ThermoWood metodunun amacı; oduna yüksek sıcaklıklarda ısı uygulanarak, odunun daralmasını ve şişmesini en aza indirmek ve odunun biyolojik dayanımını artırmaktır. Isıtım işlemi görmüş ahşap malzeme, pencere- kapı doğramalarında, dış cephe kaplamalarında ve bahçe mobilyalarında kullanıldığı gibi yer döşemesi gibi iç mekan uygulamalarında da kullanılmaktadır [13]. Ağaç malzemeye uygulanan ısıtım işlemi, doğal dayanımı düşük olan odun türlerinin bozunma dayanımını yükseltmek için cazip bir alternatif olmaktadır. Bununla birlikte, bu dayanıklılığın geliştirilmesi mekanik direncin azalması pahasına gerçekleşebilmektedir. Odunun hücre duvar bileşenlerinde meydana gelen termal bozunmalar, odunda meydana gelen çürümeye karşı dayanım ve mekanik özelliklerle güçlü bir ilişkiye sahiptir. Yoğun işleme maruz bırakılmış ağaç malzeme ile son halini almış ve nihai ürün haline gelmiş odunun hücre duvar bileşenlerinde meydana gelen bozunmadan kaynaklanan sürecin en belirgin özelliği odunda meydana gelen kütle kaybıdır [14].

Ticari değeri olmayan odun türlerine yeni kullanım yerleri bulunabilmesi için ısıtım işlemi uygulaması ile odunun modifiye edilmesi önemli bir gerekliliktir. Muamele edilen odunla muamele edilmeyen odun kıyaslandığında en önemli farkın, odunun denge rutubeti miktarındaki azalmasıdır. Bununla birlikte odunun daralma ve genişleme gibi istenilmeyen özelliklerinin de azalma görülmektedir. Bu bağlamda kereste endüstrisi için modifiye edilmiş ağaç malzeme çekici fırsatlar sunarak yeni bir potansiyel olarak görülmektedir [15].

İnsan ve çevre sağlığı için tehlike arz eden emprenye edilmiş kereste, plastikler, metaller ve beton vb. gibi malzemelerin kullanımını azaltmak için alternatif bir yöntem olarak ısıtım işlemi uygulanmış kereste kullanımı birçok ülke tarafından teşvik edilmektedir. Ayrıca gün geçtikçe tüketicinin bilinçlenmesi ve yasaların zorunlulukları bunu gerekli kılmaktadır. Isıtım işlemi teknolojileri ilaveten ülkenin doğal yetişen ağaç türlerinin kullanımını ve ağaç türlerinin potansiyel pazarını artırma olanağı sağlayacaktır [16].

### 1.1.2. Isıl İşlem Metotları

150 °C' nin üzerinde yapılan ısıl işlem uygulamalarında odunun rengi değişmekte, biyolojik bozunmaya karşı direnci artmakta ve boyutsal kararlılığı gelişebilmektedir. Bununla birlikte, ısıl işlem uygulamaları sonucunda odunun mekanik mukavemetinde azalmalar ortaya çıkabilmektedir ve bu dezavantaj ısıl işlem uygulanmış odunu kullanmada sınırlayıcı bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır [17].

Antik çağlarda, ateş yakıp ısıyla muamele edilerek ahşap direklerin zeminle temasında dayanıklılığını arttırma yoluna gidilmiştir. Afrika ülkelerinde, odundan yapılmış mızrakların uçlarının sertleştirilmesinde kullanılan metot mızrabın uç kısmına ısı uygulanması ve belirli aralıklarla vurulmasıyla gerçekleşmiştir [17], [18].

Başta ABD olmak üzere 1930-1950 yılları arasındaki dönemde ısı ile işlenmiş odunun araştırılması ve geliştirilmesi ağaç malzemenin higroskopik özellikleriyle ilgili olmuştur. Tüm bu çalışmalar [17], [19], [20] sonucu odunda genişlemeler ve daralmalar gözlenmiştir. Bu süreç "Staybwood" süreci olarak tanımlanmış ve patenti alınmıştır [17], [21]. Isıl işleminin odun özelliklerine etkilerini derinleştirmek adına Almanya'da 1950-1970 yılları arasında çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ayrıca ısıl işlem uygulanmış odunun mantara karşı direnci incelenmiştir [22]. Yapılan diğer çalışmalarda [23], [24] odunun içine su alma, su emme özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. [25]-[28] ile [29]-[31] çalışmalarında odunun bozunması sürecini tanımlayarak odunun mekanik özelliklerini belirlemişlerdir. [32]'e göre; FWD "Feuchte Wärme Druck" diye adlandırılan yöntemin patenti alınmıştır.

Fransa'da ısıl işlem uygulamalarıyla ilgili iki tip işlem geliştirilmiştir. Bu işlemlerde azot gazının ısıtılmasına dayanan bir sistem mevcuttur. "Torrefaction" ve "Retification" olarak adlandırılan bu iki işlem üzerinde birçok araştırma yapılmıştır [33]-[38]. Finlandiya'da ise "Thermowood" olarak adlandırılan ısıl işlem yöntemi geliştirilmiştir. Bu işlemde yüksek sıcaklıklarda buhar sistemi de kullanılmıştır [39]-[41]. "Thermowood" olarak adlandırılan bu işlemle ilgili birçok patent alınmıştır [42]-[44]. Bu süreçte Hollanda'da geliştirilen uygulamanın adı ise "Plato Wood" uygulaması olmuştur [45]-[47]. Sonrasında Almanya'da odunun ısıtılması sürecinin bitkisel yağlarla sağlandığı bir süreç geliştirilmiştir [17], [48], [49].

### *1.1.2.1. ThermoWood Metodu*

Ağaç malzemeye endüstriyel olarak uygulanan ısıtım işlem süreci VTT (Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus)'de geliştirilmiştir. Bu işlem Finlandiya ahşap ürün endüstrisi ile işbirliği içinde yapılmıştır. ThermoWood işleminin lisansı, Finlandiya ThermoWood Derneği üyelerine aittir.

ThermoWood işlemi üç ana aşamaya ayrılır [50]:

1.Aşama – Sıcaklık artışı ve yüksek sıcaklıkta kurutma aşamasıdır.

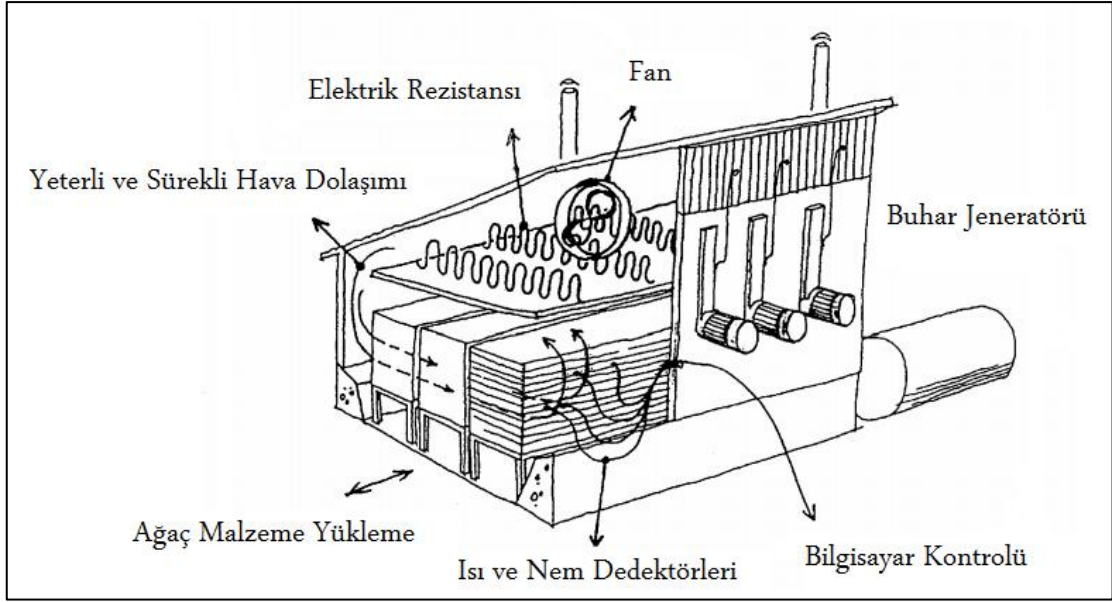
Bu aşamada ısı ve buhar kullanılarak fırın sıcaklığı yaklaşık 100 °C seviyesine kadar çıkarılır. Sonrasında sıcaklık 130 °C'ye yükseltilir ve bu yüksek sıcaklık derecesinde kuruma gerçekleşir ve ağaç malzeme içindeki nem oranı neredeyse sıfıra düşürülür.

2.Aşama – Isıtım işlem aşamasıdır.

Yüksek sıcaklıkta kurutma işlemi gerçekleştikten sonra, fırının içindeki sıcaklık 185 °C ve 215 °C'ye yükseltilir. Hedef sıcaklığa ulaşıldığında, uygulamanın yapılma amacına bağlı olarak sıcaklık 2-3 saat aralığında sabit tutulur.

3.Aşama – Soğutma ve nem ile kondisyonlama işlemidir.

Bu son aşamadır ve su sprey sistemleri kullanılarak sıcaklık düşürülür; sıcaklık 80-90 °C'ye ulaştığında, ağaç malzeme yeniden nemlendirilerek nem oranı % 4-7 oranına getirilir. Bu oran kullanıma uygun olan nem oranıdır [50]. Şekil 1.1'de Isıtım işlem tesisinin çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Isıl işlem tesisinin prensibi [51].

Isıl işlem kabindeki fan sistemi ile hava dolaşımı (10 m / s) yeterli düzeyde sağlanır. Ağaç malzemenin kabin içindeki istifine dikkat edilmelidir ve hava sirkülasyonunun eşit dağılımını sağlamak adına malzemelerin kenarları yuvarlatılmalıdır. Ağaç malzemenin yanmasını (hava oranı % 3-5' in altında olmalıdır) önlemek için sistem içerisinde su buharına ihtiyaç duyulmaktadır. Gerek duyulan buharı, buhar jeneratörü üretmektedir. Sistem içerisinde bulunan su buharı ısıtılmış odunun kalitesini de etkilemektedir [51].

Isıl işlem uygulaması yapılan kabin içinde dedektörler vardır. Bu dedektörler sayesinde hem ağaç malzemenin hem de havanın rutubet oranı ve ısı miktarı ölçülmektedir ve sistem içinde bulunan bilgisayar kontrol merkezine iletilmektedir. Bilgisayar kontrol merkezinde girilen ilk verilere göre ısıtılmış işlem süreci başlatılır ve süreç boyunca toplanan verilere göre ısıtılmış işlem süreci ayarlanmakta ve devam etmektedir [51].

### 1.1.3. Isıl İşlem Görmüş Odunda Meydana Gelen Değişiklikler

#### 1.1.3.1. Odunun Kimyasal Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi

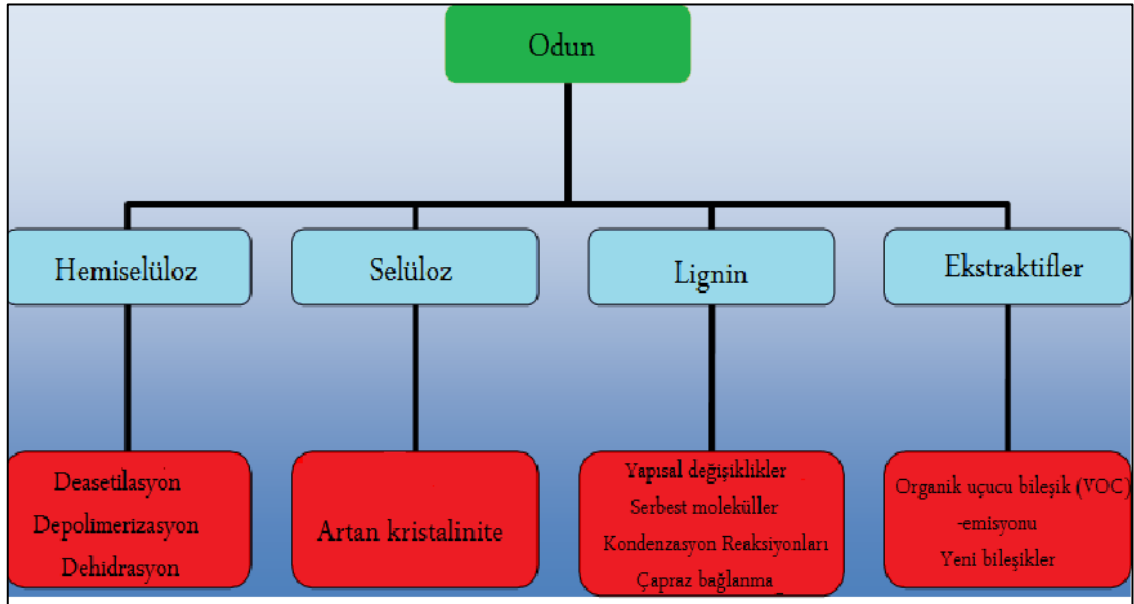
Odun düşük moleküler yapı ve polimerik moleküler yapı olan birçok karmaşık bileşikten oluşur. Odunun ısı ve nem koşullarının etkisi altındaki değişimlerini anlamak için odunun yapısını oluşturan ana bileşenlerin temel özelliklerini bilmek önemlidir. Odun bileşenlerinin büyük bir bölümü genellikle polisakkaritlerden (selüloz, hemiselülozlar, nişasta ve pektinler), lignin ve ekstraktlardan oluşmaktadır [52], [53].

Kimyasal yapısı selüloz, hemiselüloz, lignin ve ekstraktif maddelerden oluşan odun doğal bir kompozit malzemedir. Odunun temel iskelet yapısını selüloz oluşturur. Hemiselülozlar, selüloz mikrofibrilleri arasında bulunan matriks maddelerdir ve lignin, bu matriks maddesi ile bağlantılı olan, hücre duvarını kaplayan ve sertleştiren maddedir [5].

Oduna uygulanan termal işlem odunda bulunan suyun uzaklaştırılmasını sağlar ve aynı zamanda odunun kimyasal bileşiminde önemli değişikliklere sebep olur. Uygulanan ısı sonrası odunda, dehidrasyon, termal oksidasyon, depolimerizasyon ve ağaç bileşenlerinin bozulması gibi sonuçlar ortaya çıkar. Hemiselülozlar en termal bileşenlerdir ve makromoleküler hücre duvarı bileşenlerinin kararsız olanlarıdır [54].

90 °C – 150 °C gibi yüksek sıcaklıkta gerçekleşen kurutma koşullarında odunun tüm bileşenlerinde meydana gelen değişiklikler çok belirgindir. Odun mukavemetindeki düşüşler ve odunun su emilimindeki değişiklikler 100 °C ile 150 °C arasında rapor edilmiştir [17], [24], [29].

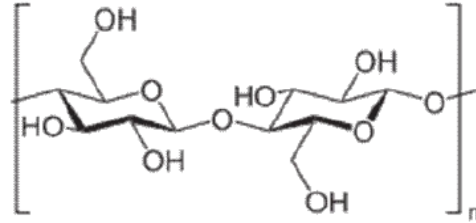
Isıl işlem sonucunda odunun hücre duvarı bileşenlerinde ve ekstraktif maddelerinde meydana gelen kimyasal değişime dair şematik gösterim Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2. Isıl işlem sürecinde odunun ana bileşenlerinde meydana gelen kimyasal değişimler [55].

## Selüloz

Selüloz odunda en çok bulunan bileşendir, kuru ağırlığının % 40 - 50' si kadarını oluşturur. Ayrıca odun mukavemetinde çok önemli rol oynar. Bir selüloz molekülü, uzun ve doğrusal bir zincire  $\beta$  (1  $\rightarrow$  4) bağlarla bağlanmış  $\beta$ -D-glikoz birimlerinden oluşur [53]. Şekil 1.3'de Selülozun moleküler yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Selülozun moleküler yapısı [53].

Selülozdaki moleküler zincirler, selüloz moleküllerinin aynı doğrultuda hizalandığı ve birbirine sıkıca sarıldığı temel fibril veya miseller formunda görünür. Selüloz temel fibrilleri, paralel olarak şekilde hemiselülozlar ve pektinlerle birleşir ve daha sonra mikrofibrilleri oluşturur. Mikrofibriller, yapı içindeki lignin ile daha büyük demetler oluşturduğunda, lifler üretilir ve bunlar sırasıyla odun lifleri oluşturur [53].

Proto fibrillerdeki selüloz molekülleri genellikle hidrojen bağları, yani hidroksiller ve hidrojen molekülleri (moleküller arası hidrojen bağları) arasında birbirleriyle bağlantılıdır. Molekül içerisindeki hidrojen bağları (molekül içi hidrojen bağları) molekül zincirlerine belirli bir derecede sertlikte kazandırmaktadır [52], [53]. Selüloz moleküllerinin yakın katmanları arasında, van der Waals kuvvetleri de mevcuttur. Fibril yapısındaki yüksek derecede hidrojen bağları odun lifi mukavemeti üzerinde oldukça yüksek bir etkiye sahiptir [17]. Selüloz mikrofibrillerin bazı kısımları düzenli yapıya sahiptirler bu kısımlar kristal yapıdır; düzensiz olan kısım ise amorf yapı olarak adlandırılmaktadır [52].

### *Isıl işlemin selüloz üzerindeki etkisi*

165-185 °C gibi düşük ısı işlem sıcaklıklarında selülozun bozunmasının sınırlı olduğu bilinmektedir. Selüloz % 60 oranında yüksek derecede düzenli kristalimsi yapıya sahiptir. Bu durum selüloz zincirlerinde yüksek bir stabilite sağlamakta ve hidroliz (molekülün bir su molekülü ilavesiyle iki parçaya ayrılması) süresince onları asit saldırısına karşı korumaktadır. Kristalimsi selülozda bulunan hidroksil gruplarının fiziksel olarak bloke edilmiş olması reagent uygulamasına tepki vermesini engellemektedir. Ancak amorf selülozun hidroksil grupları reaksiyon mekanizmasına

dahil olabilmektedir [7].

Isıl işlem uygulanmış odunda selüloz bozunumu üzerine yapılan çalışmalar [27],[56]-[59], şimdye kadar selülozun kristallenmesine ve selülozun kütle kaybına odaklanmıştır.

[17] çalışmasında; 180 °C’de işlem görmüş huş odununun ortalama moleküler selüloz büyüklüğü, odun yongalarının klorit ile delignifikasyonu ve çözülmüş selülozun viskozimetrik ölçümleri sonucu araştırıp ısıl işlem uygulaması sonucu selüloz yapısının değiştiğini ve amorf bölgelerin 200 °C’ye yakın ve üzerindeki derecelerde parçalanabildiğini, ısıl işlem uygulanmamış bir huş odunu ile pH 4’te 3 ve 6 saat ısıl işlem görmüş örnekler kıyaslandığında ortalama moleküler büyüklüğün önemli ölçüde azaldığını asidik koşullarda ve 180 °C’de yapılan ısıl işlem uygulamasının odunun selüloz yapısı üzerindeki etkisinin oldukça fazla olduğunu huş odunu örneklerinde ortalama moleküler selüloz büyüklüğünün ısıl işlem görmemiş bir huş odununda bulunanın yaklaşık yarısı kadar olduğu tespit etmiştir. Nihayetinde sonuçlar üzerinde selülozun odun mukavemeti üzerinde önemli etkisi olduğu kanısına vararak, bu etkiyi açıklayan özelliklerinden birinin selülozda uzun, paralel ve düz moleküllerin birlikte bir yapı oluşturması şeklinde ifade etmiştir.

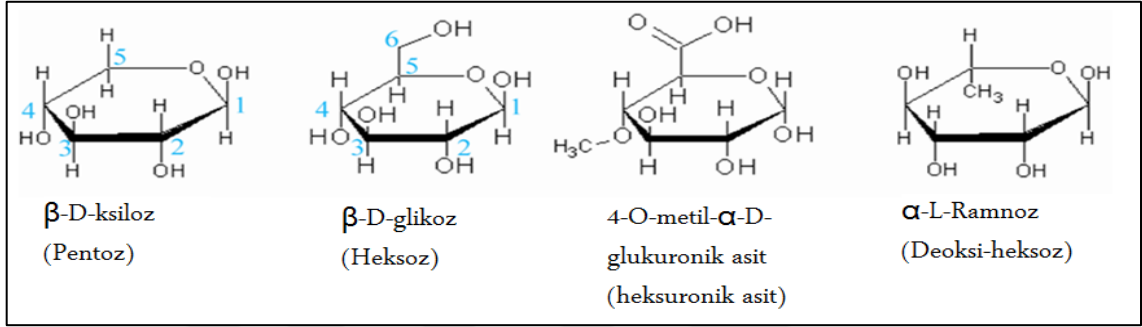
Selülozda bulunan amorf bölgelerin, termal bozulmaya kristal kısımlarından daha fazla duyarlı olduğu ve uzun süre ısıl işleme maruz kalan selülozun makromolekül zincirinde kopmaların meydana geldiği, bu durumun selülozun polimerizasyon derecesinin azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir [54], [60]-[63].

### *Hemiselüloz*

Odun hemiselülozları, beş-karbonlu halka şeklindeki (pentozlar) ve altı-karbonlu halka şeklindeki (heksozlar) şeker birimlerinden oluşan dallanmış amorf polimerlerdir. Ayrıca bazı hemiselüloz polimerleri az miktarda 4-O-metil-β-D-glukuronik şeker asidi içerir. α-D-ramnoz gibi deoksi şekerler bazı ağaç türlerinde az miktarlarda bulunabilirler [17], [52]. Ana zincirdeki monomer üniteleri birbirleriyle bir glikoz yapı taşının C1 atomu ile onu izleyen glikoz molekülünün C4 atomuna β (1 → 4) olarak ifade edilen glikozisik bağ (eter bağı -C-O-C-) ile bağlanır. Ayrıca ana zincire dallarla bağlanmış birkaç yan grupta mevcuttur [17], [53].

Hemiselülozlar odunun kuru ağırlığının % 20 - 30’ unu oluşturur. Hemiselülozlar ağaç malzemenin yapısında selüloz ve lignin arasında arayüz olarak düşünülebilirler.

Yapraklı ağaçlarda bulunan hemiselülozun yapısı ile iğne yapraklı ağaçlarda bulunan hemiselülozun yapısı genellikle farklılık gösterir. Yapraklı ağaçlarda bulunan hemiselülozlar ağırlıklı olarak % 15 - % 30 oranında glukuronoksilan içerir ayrıca az miktarda da glukozan (% 2 - % 5) içerir. İğne yapraklı ağaçlarda bulunan hemiselülozlar ağırlıklı olarak % 20 oranında galaktoglucomannan ve daha az miktarda (% 5 - % 10) arabinoglukuronoksilan içerir [17], [64]. Ayrıca iğne yapraklı ağaçların basınç odununda yaklaşık % 10' luk bir oranda galaktan bulunmaktadır [17], [53]. Şekil 1.4'de odun karbonhidratlarında bulunan tekli şeker ünite örnekleri verilmiştir.



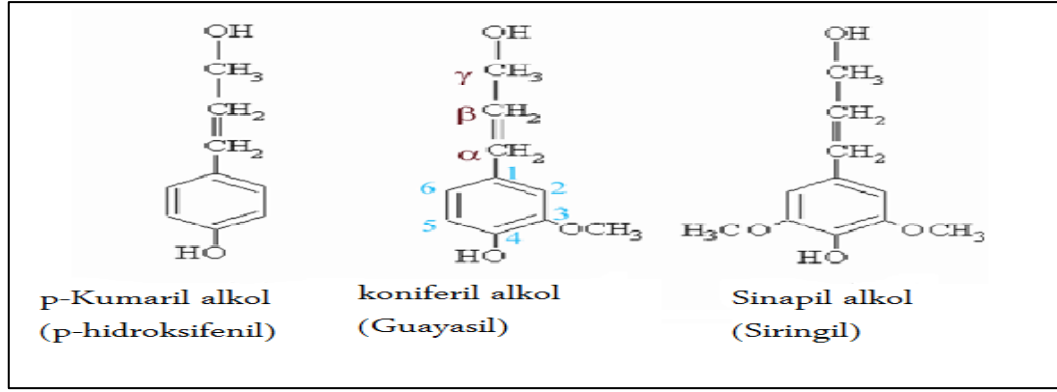
Şekil 1.4. Odun karbonhidratlarında bulunan tekli şeker üniteleri örnekleri [17], [53].

#### *Isıl işlemin hemiselüloz üzerindeki etkisi*

Oduna ısı uygulandığında, hemiselülozlar ilk olarak 160 °C ile 220 °C'de ayrışır ve çeşitli uçucu bileşiklerin oluşumuna neden olurlar. Hemiselülozlardaki asetil gruplarının varlığı, asetik asidin oluşumuna yol açarak, polisakkaridlerin asitle katalize olmasına yani bozulmasına neden olur. Hemiselülozların degradasyonu, özellikle eğilme ve çekme direncini etkileyen, mekanik mukavemet kaybının ana faktörü olarak öne sürülmüştür [54], [65].

#### *Lignin*

Lignin konfigürasyonda geniş bir varyasyona sahip olan amorf bir polimerdir. Ortalama moleküler ağırlığı analiz etmek oldukça zordur ve kullanılan analitik metotlara bağlı olarak birçok farklı değer rapor edilmiştir [17], [52], [66]. Odundaki lignin miktarı % 20-40 arasında değişir ve genellikle odun yapısının yapıştırıcısı olarak kabul edilmektedir [17]. Ligninin temel yapısı üç tip fenil propan birimine dayanır bunlar; guayasil, siringil ve p-hidroksifenil propan birimleridir [17], [66]. Şekil 1.5 'de lignin ana yapısının üç fenil propan monomer birimi örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Lignin ana yapısının üç fenil propan monomer birimi örnekleri [17].

Siringil birimleri, C3 ve C5 pozisyonlarında 2 adet metoksi grubuna (-OCH<sub>3</sub>) sahiptir, guayasil ünitelerinin pozisyonu C3' tür ve p-hidroksifenil propanın hiçbir ünitesi bu grupta yoktur. Her üç serbest fenolik grup (bir aromatik halkaya bağlanmış -OH) C4 pozisyonunda bulunabilir. Bu fenolik grup metile bağlı olabilir veya eter bağı ile diğer lignin birimlerine bağlanabilir. Serbest fenolik grupların varlığı ligninin degradasyon oranını anlaşılır biçimde artırır. İğne yapraklı ağaç lignin ünitelerinin % 10 - 30' u ve yapraklı ağaç odunlardaki ünitelerin % 9 - % 15' i fenolik grupları içerir [17], [66].

İğne yapraklı ağaç lignin türleri ağırlıklı olarak guayasil ünitelerinden ve bir miktarda p-hidroksifenil ünitelerinden oluşur. P-hidroksifenil üniteleri çoğunlukla basınç odununda ve iğne yapraklı ağaçların orta lamellerinde bulunur [17], [52], [66]. Yapraklı ağaç odun lignini, siringil ve guayasil birimlerinden oluşur. Lignin üniteleri çeşitli kimyasal bağlarda birbirine bağlanırlar. Baskın türler eter bağları (-C-O-C-) ve karbon-karbon bağları ile birbirine bağlanırlar. En yaygın eter bağı, komşu fenilpropan birimindeki β-karbon ile O4 arasında bulunan β-aril eter bağıdır. Lignin yapısında daha küçük oranda α-aril-eter ve α-O-4 bağları vardır. Eter bağları genel olarak çok daha kararsızdır ve karbon-karbon bağlarına göre ısı ve kimyasallar tarafından bozulmaya çok daha duyarlıdır [17], [66].

#### *Isıl işlemin lignin üzerindeki etkisi*

Lignin, termal olarak en kararlı hücre duvarı bileşenidir. Bununla birlikte, çeşitli yıkıma uğramış ürünlerle birlikte nispeten düşük sıcaklıklarda ligninde bir miktar termal bozunum meydana gelebilir. Daha yüksek sıcaklıklarda, kondenzasyon reaksiyonları veya çapraz bağlanma reaksiyonları baskın olmaktadır [7], [54], [67]-[69].

Ekstre edilmiş ligninin, jel geçirgenlik kromatografisi ile incelenmesi sonucu, buharlaşma sıcaklığı arttıkça düşük molekül ağırlıklı parçaların oluşumunda bir artış olduğu ortaya çıkmıştır. Buharlaşma sonucunda fenolik OH içeriğinde de bir artış bulunmuştur, ancak bu artış daha yüksek sıcaklıklarda azalmıştır. Bu buhar uygulamasının, fenolik OH grupları üretmek için  $\beta$ -aril eter bağlarının parçalanmasıyla sonuçlandığı sonucuna varılmıştır. 215 °C' nin altındaki sıcaklıklarda buharlanan odun lignini, sirinil birimlerinde daha zengin bulunmuştur ve daha yüksek sıcaklıklarda, metoksigrupların kaybının meydana geldiği uygulamalara kıyasla modifiye edilebilmiştir. Ayrıca, iğne yapraklı ağaç lignininin (kızılçamdan) dioksanın ekstrakte edilebilirliği ile belirlendiği üzere bozulmaya karşı daha az duyarlı olduğu bulunmuştur [70], ayrıca bu durum sirinil gruplarının nispi stabilitesini göstereceği üzere bu tür grupların aslında hidrotermal reaksiyonlarda daha az kararlı olduklarını bildirmişlerdir.

[67] yaptıkları çalışmada; çam odunu örneklerini, 180 °C ve daha yüksek sıcaklıklarda 3 saat süreyle buharla ısıtma işlemi tabii tuttuklarında ligninin kısmen asetona dönüştüğünü bulmuşlardır ve aseton ile ekstrakte edilebilir malzeme miktarının, uygulama sıcaklığıyla orantılı olarak arttığını tespit etmişlerdir.

#### *Ekstraktif Maddeler*

Odun içinden, çeşitli çözücüler ve su ile çıkartılabilen bileşiklere ekstraktif maddeler denilmektedir. Bu maddeler genellikle düşük molekülüdürler ve kimyasal yapılarına göre birçok gruba ayrılabilirler. Odunun suyla ekstrakte edilebilen kısmı, polar olmayan maddelerle karşılaştırıldığında genellikle düşük konsantrasyona sahip olabilmektedirler [53]. Odun kuru ağırlığa göre genellikle % 2 - % 8 oranında ekstraktif madde içermektedir [52].

Odunun mukavemet özelliklerine, ekstraktif maddelerin herhangi bir şekilde katkıda bulunduğu düşünülmemektedir. İşlevlerinin ise odunu biyolojik saldırılara karşı korumak ve biyosentezde bileşen olarak görev almak vb. gibi olduğu söylenebilir [52].

Birçok ekstraktif grup, genellikle oldukça duyarlı olabilen fonksiyonel gruplara sahiptir. Terpenoidlere, fenolik bileşiklere, kinonlara, esterleştirilmiş mumlara ve yağlara, duyarlı oldukları düşünülen hidroksil (-OH), karbonil (-C=O) veya karboksilik gruplara (-COOH) sahip olabilirler. Ekstraktiflerin diğer tip bileşiklerden ayırt edilmesi bazen zor olabilmektedir. Odunda bulunan bazı fenolik bileşikler ve bazı kinonlar hem ekstraktif madde olarak hem de düşük molekülü lignin parçaları olarak kabul

edilebilmektedirler [52].

#### *Isıl işlemin ekstraktif maddeler üzerindeki etkisi*

Ekstraktif maddelerin çoğu özellikle en uçucu olanları, ısıl işlem sırasında kaybolur veya bozulurlar, fakat hücre duvarı yapısal bileşenlerinin bozulmasından kaynaklanan yeni bileşikler ortaya çıkmaktadır [55].

[71] çalışmalarında; ısıl işlem uygulanan sahil çamı odun örneklerinden, balmumunun, karbonhidratların, tanenlerin, reçinelerin ve az miktarda hemiselülozların, 240 ve 290 °C arasındaki sıcaklıklarda odundan uzaklaştığını tespit etmişlerdir.

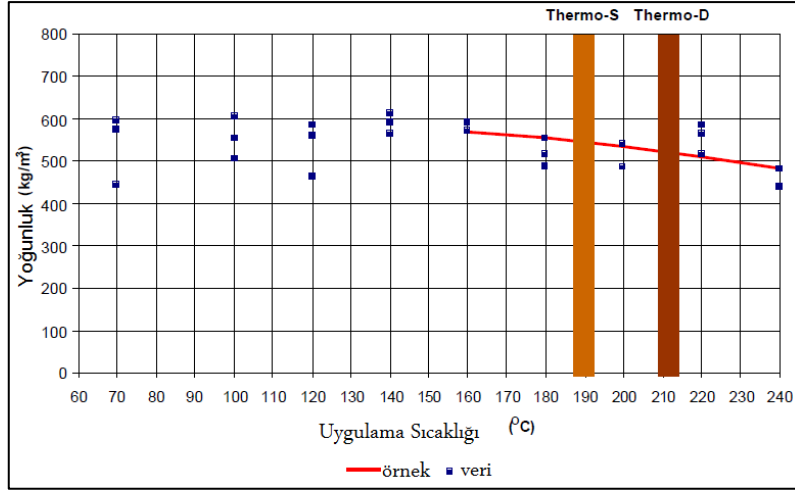
[72] yaptıkları çalışmada; ısıl işlem sırasında odunun bozunmasında ekstraktiflerin etkisini incelemiş ve anlamlı bir ilişki bulamamışlardır.

[73] yaptıkları çalışmada; ısıl işlemin etkisiyle orijinal ekstraktif maddelerin çoğunun odundan uzaklaşmasıyla birlikte, ekstraktif içeriğin, kütle kaybı ile büyük ölçüde arttığını ve sonrasında azaldığını belirtmişlerdir. En büyük artışın ise, polisakkarit yıkımı sonucunda oluşan su ve etanol ekstraktiflerinden kaynaklandığını tespit etmişlerdir.

#### *1.1.3.2. Fiziksel Özellikler Üzerine Isıl İşlemin Etkisi*

Isıl işlem görmüş odun ise ısıl işlem görmemiş odundan daha düşük bir yoğunluğa sahiptir. Bu durumun temel nedeni ısıl işlem sürecindeki odunun ağırlık kaybı sonucu kütledeki değişimdir. Şekil 1.6'da görüldüğü üzere, daha yüksek ısıl işlem sıcaklıkları kullanıldığında odunun yoğunluğu azalmaktadır. Bununla birlikte, doğal varyasyona bağlı olarak odun yoğunluğunda sapma değeri yüksektir ve belirleme katsayısı düşüktür [50].

Isıl işlem süresi boyunca odunda meydana gelen; kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikteki değişimler arasındaki ilişkiler çeşitli çalışmalarda [54], [61] incelenmiştir. Selülozun depolimerizasyon derecesi, elastikiyet modülü, toplam kristalinite indeksi ve renk özellikleri arasında ve odunun hemiselüloz oranı, elastikiyet modülü, kırılma mukavemeti, odunun hafifliği ve kütle kaybı arasında güçlü bir bağlantı olduğu tespit edilmiştir [54], [61]. Şekil 1.6'da ısıl işlem sıcaklığının çam odununun yoğunluğu üzerindeki etkisi gösterilmektedir.



Şekil 1.6. 160-240 °C’de 3 saat süreyle ısıl işlem uygulanmış çam odununun sıcaklık - yoğunluk grafiği [50], [74].

Oduna uygulanan ısıl işlem, odundaki su adsorpsiyonunda önemli azalmaya neden olmaktadır. Odun karbonhidratlarında bulunan serbest hidroksil gruplarının su adsorpsiyonu ve desorpsiyonu sürecinde çok önemli görevleri bulunmaktadır [75]. Şüphesiz ki, ısıl işlem süreci serbest hidroksil gruplarının azalmasına ve buna benzer başka sonuçlara sebep olabilmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda raporlanmıştır;

-Serbest hidroksil grupları da dahil olmak üzere toplam hidroksil grubu miktarındaki azalmaya neden olan karbonhidratların ve özellikle hemiselülozların depolimerizasyonunun gerçekleşmesidir [23], [76].

-Hidroksil gruplarının su moleküllerine kolayca erişemediği kristalin selüloz oranındaki artıştır [77], [78].

- Serbest hidroksil gruplarının suya erişilebilirliğini engelleyebilen lignin ağının çapraz bağ sayısındaki artıştır [76], [78]-[80].

### 1.1.3.3. Mekanik Özellikler Üzerine Isıl İşlemin Etkisi

“Isıl işlem, 150 – 280 °C’ ler arasındaki yüksek sıcaklıklarda uygulanan yoğun işlem şartlarına bağlı olarak odunun mekanik özelliklerinin azalmasına sebep olur. Odunun mekanik özellikleri rutubet içeriği ile yakından ilgilidir. Hücre çeperinin polimerik ana bileşenleri arasındaki hidrojen bağının azalması ve bağlı su miktarının artmasının engellenmesi nedeniyle kovalent bağ ve polimeriçi hidrojen bağları ile ilişkili olan odunun direnç özellikleri azalır. Isıl işlem uygulanmış odunun maksimum bağlı su miktarındaki azalma ve daha az higroskopik yapı kazanması nedeniyle ısıl işlem, odunun mekanik özelliklerine pozitif katkı yapmaktadır”. [16].

[81]'in hipotetik modeline göre; selüloz, hemiselüloz ve lignin hücre çeperinin ana bileşenleridir ve odun direncine farklı düzeylerde katkı sağlamaktadırlar. Odun lif direncinden öncelikli sorumlu olan selüloz yüksek polimerizasyon derecesine ve kristalimsi bir yapıya sahiptir. Isıl işlem uygulaması, selüloz polimerinin depolimerizasyonu sonucu amorf selülozun az miktarda fakat kayda değer oranda bozunmasına sebebiyet vermektedir.

[82]'e göre odunda oluşan iç gerilmeler selüloz mikrofibril-fibrilleri arasında dağıtılmıştır. Amorf selülozun kristalleşmesinin çekme direncindeki azalmadan sorumlu olup olmadığı konusuna tam açıklık getirilemediğini belirtmiştir. Hemiselülozlarının bozunması ile birlikte kristalitlerin kalınlığının ve selüloz kristallanma derecesinin artması ile odun direncinin ve sertliğinin azaldığını tespit etmiştir. Kristalimsi selüloz önemli anizotropik yapı sergilediği için katı ve rijit yapısının boyuna yönde basınç direncini arttırdığını belirtmiştir. Bu anizotropik yapı nedeniyle basınç direncinin radyal ve teğet yönlerde düşük olduğunu tespit etmiştir. Isıl işlem uygulamasından sonra radyal basınç direncindeki azalmaya ufak radyal çatlakların sebep olabileceğini raporlamıştır.

“Isıl işlem uygulaması süresince reçine kanalları etrafındaki epitelyum hücrelerinin ve özışınlarındaki paranzim hücrelerinin zarar görmesinin, mekanik direnç kayıplarında etkili olabileceği düşünülmektedir. Eğilme direncindeki ilk kayıplardan öncelikli olarak sorumlu olan ısıl işlem süresince hemiselülozun modifikasyonu veya bozunmasıdır. Eğilme direncindeki daha fazla azalma ısıl işlem süresi ve sıcaklığına bağlı olarak artmaktadır.” [16].

[83] yaptıkları çalışmada; lignin-hemiselüloz matriksi içerisinde hemiselülozun yan zincirlerinin kırılması sonucunda yük paylaşım kapasitesinde bozulmanın meydana geldiğini ve bu sebeple direnç kayıplarından sorumlu tutulabileceğini ayrıca hemiselülozun omurgasının bozulması nedeniyle hemiselülozun polimerizasyon derecesinin azaldığını belirtmişlerdir.

Elastikiyet modülündeki az miktardaki artma, muhtemelen lignin hemiselüloz matriksinin yük paylaşım kapasitesindeki bozulma ve hemiselülozun modifikasyonu ve bozunmasına rağmen kristalimsi selüloz oranında meydana gelen artma sebebiyle gerçekleşmektedir. Ayrıca ısıl işlem uygulanmış odunun ısıl işlem uygulanmamış oduna göre hücre çeperinde daha az bağlı su bulunması odunun daha az higroskopik olmasına yol açmaktadır. Bu durum odunu daha az elastik yaptığı için elastikiyet modülünde

etkileyen bir faktör olmuştur [84].

“Mekanik özellikler üzerine ısı işlemin etkileri bağlamında ligninin direkt olarak etkili olup olmadığı açık değildir. Lignin selüloz mikrofibril/fibrillerinin rijidite çubuğu olarak hareket eder ve artan çapraz bağlanması liflere dik hareketleri sınırlar veya önler. Bundan başka lignin orta lamelin ana bileşenidir. Lignin polimer ağının artan çapraz bağlanması orta lamelin direncini artırır ve buda hücre çeperinin direnç özellikleri üzerine olarak etki ettiği sonucuna varılabilir.” [16]. [85] yaptıkları çalışmada; lignin polimer yapı içindeki düzenli yapının odun direnci üzerine yapıcı bir etkisinin olduğunu ifade etmişlerdir.

Yüksek hemiselüloz ve lignin içermesi sebebiyle, genç odunun kimyasal bileşimi olgun odununkinden farklılık göstermektedir. Ayrıca hemiselülozun bileşimi değişmektedir sebebi ise ilk 20 yıllık halkada özden dışarıya doğru galaktoz, ksiloz ve arabinoz içeriğinin azalması, mannoz içeriğinin ise artması olarak belirtilmiştir. Daha yüksek hemiselüloz içeriği ve hemiselülozun farklı kompozisyonu ısı işlem süresince kimyasal reaksiyon mekanizmasını etkilemektedir ve bu durum odunun direnç özelliklerini yukarıda belirtildiği şekilde etkilemektedir. Genç odun ile olgun odunun anatomik ve ultra-strüktürel karakteristiğindeki farklılıklar sebebiyle ısı işlem uygulamasından sonra direnç özelliklerinde farklılaşmalar ortaya çıkmaktadır [7].

“Isıl işlem uygulamasından sonra liflere paralel basınç direnci ve sertlik değeri artmasına rağmen makaslama direnci azalır, liflere paralel çekme direnci ise daha büyük bir azalma gösterir. Çekme, basınç ve makaslama gerilmelerinin kombinasyonu ile oluşan eğilme direnci liflere paralel çekme direnci kadar olmasa da azalmaktadır. Şok direnci daha büyük bir azalma gösterir. Eğilme testi süresince elastikiyet modülünde artma gerçekleşmektedir. Isıl işlem uygulanmış odunun mekanik özellikleri üzerine ligninin polikondenzasyon reaksiyonları, amorf selülozun kristalleşmesi ve/veya bozunması ve hemiselülozun modifikasyonu ve bozunması etkili olmaktadır.” [16].

#### *Çekme Direnci*

“Isıl işlem sonrasında çekme direncindeki düşüş için öncelikli olarak selüloz sorumlu tutulmaktadır. Odunda çekme gerilmeleri meydana geldiği zaman selüloz mikrofibril ve/veya lifleri arasında kovalent bağlarının kırılması neticesinde kayma ve çekme meydana gelir. Selüloz polimerinin depolimerizasyonu ve polimerizasyon derecesinin azalması çekme direnci kayıplarının ana sebebidir. Isıl işlem uygulaması sonucu selüloz

polimerinin depolimerizasyonuna sebep olan amorf selülozun az miktarda fakat dikkate değer bozunması gerçekleşmektedir. Bu durum ısıtma işlemi uygulanmış odunun çekme direncinin azalmasında önemli bir sebeptir.” [16].

[30] yaptığı çalışmada; kayın ve ladin odunu örneklerini 100 °C-200 °C sıcaklıklarda 96 saat süreyle hava ve vakum ortamında ısıtma işlemine tabi tutmuştur. Aynı ağırlık kayıplarında, maksimum direnç ve maksimum yükleme testleri yapılan örneklerde, çekme direnci, basınç direncine göre daha yüksek bulunmuştur. Ağırlık kaybının % 8-10'dan büyük olduğu durumlarda her iki tür içinde elastikiyet modülünde önemli bir azalmanın olduğu raporlanmıştır.

Isıtma işlemi uygulaması ile hemiselülozun bozunması çekme direncinin azalmasına yol açmaktadır. Hemiselüloz bozunmasının ana etkilerinden bazıları; hemiselülozik polimeri içindeki hidrojen ve Van der Waals bağları gibi ikincil bağların kopması, hemiselüloz ve selüloz arasındaki ikincil bağların kopması ve hemiselüloz ve lignin arasındaki kovalent bağların kopması şeklindedir. Bunun sonucunda, selüloz mikrofibril ve fibrillerini örten lignin hemiselüloz matriksinin yük paylaşım kapasitesi bozulmaktadır [86].

[81] yaptıkları çalışmada; lignin ağ direncinin iç gerilmelere karşı yeterince karşı koyabilmesini karbonhidrat çatısına bağlamışlardır ve bunun kırılma sebebi olduğunu belirtmişlerdir. Ancak lignin ağının çapraz bağlanmasının da polimerin direncini arttırdığını raporlamışlardır.

### *Basınç Direnci*

“Basınç direnci üzerine ısıtma işleminin anizotropik etkisi dikkate değer ölçüdedir. Basınç direnci radyal yönde azalma ve teğet yönde az miktarda artma gösterirken boyuna yönde açık bir biçimde artmaktadır. Boyuna yönde basınç direncindeki artma ısıtma işlemi uygulaması sonucu bağlı su miktarındaki azalmadan kaynaklanmaktadır. Isıtma işlemi uygulaması sonucu amorf selülozun bozunması ve/veya kristalleşmesi sebebiyle yüksek derecede düzenli kristalimsi selüloz miktarı artmaktadır. Kristalimsi selüloz anizotropik yapı sergilediği için katı ve rijit yapısı boyuna yönde basınç direncinin artmasını sağlar. Lignin polimer ağının çapraz bağlanmasındaki artış da boyuna yöndeki basınç direncinin artmasının bir diğer sebebidir. Lignin mikrofibril ve/veya fibrillerinin rijidite çubuğu olarak hareket eder ve polimerin çapraz bağındaki artma liflere paralel basınç yüklemesi boyunca meydana gelen liflere dik hareketleri önler veya sınırlar. Bundan

başka lignin orta lamelin ana bileşenidir ve lignin polimer ağının çapraz bağlanmasındaki artma orta lamelin direncini arttırır ve buda hücre çeperinin direnç özelliklerini etkiler. Buradan lignin polimer ağının odun direnci üzerine etkisi olduğu yargısına varılabilir.” [16].

[31] yaptığı çalışmada; çam ve kayın diri odun örnekleri, suyla tam doygun halden denge rutubet miktarına kadar sabit kurutma şartları altında kurularak, sonrasında, 110°C, 130°C, 150°C ve 180°C’ lerde ısıtma işlemine maruz bırakılmış ve 20 mm kalınlıktaki çam diri odun örneklerinin maksimum basınç dirençlerinde bir azalma gözlemlenmez iken aynı kalınlıktaki kayın odunu örneklerinde küçük bir artış saptamıştır. Ayrıca 40 mm kalınlığındaki çam diri odun örneklerinin maksimum basınç direncinde yaklaşık % 5 oranında bir azalma meydana geldiğini belirtmiştir.

[5] yaptığı çalışmada; liflere dik basınç direnci liflere paralel basınç direncinden çok daha düşük olarak tespit etmiştir. Anizotropik yapının ana sebebi olarak; liflere dik yönde zayıf ve rijit olmayan ikincil bağlar ve lif boyunca kuvvetli ve rijit bağlar gibi farklı tipte bağların bulunması, kristalimsi selülozun mikrofibril açısı ve lignin polimer ağının oldukça düzenli yapısını düşünmüştür. Ayrıca ısıtma işlem uygulamasından sonra lignin hemiselüloz matriksi içindeki değişimlerin liflere dik yönde basınç direnci üzerinde daha etkili olduğunu, ancak lignin polimer ağının artan çapraz bağlanmasının basınç direncinde pozitif etki yaptığını ve ısıtma işlem uygulaması sonrası teğet yönde basınç direncinin değişmediğini saptamıştır.

#### *Makaslama Direnci*

[82] yaptığı çalışmada; ısıtma işlem sonrası makaslama direncinde azalma olduğunu belirtmiş ve bu azalmanın sebebini ise orta lamelin yaklaşık % 20’ sini oluşturan polyozların furfural polimerlere (kısmi) dönüşümü ile açıklamıştır. Selüloz mikrofibrilleri / fibrilleri arasındaki yük paylaşım kapasitesini azaltan hemiselülozların bu şekilde bozulmasının, büyük olasılıkla makaslama direncinde üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olacağı ve ayrıca lignin polimer ağı içinde artan çapraz bağlanmanın makaslama direncinde üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabileceği kanaatini dile getirmiştir.

[65] yaptıkları çalışmada; dar yıllık halkaları olan iğne yapraklı ağaç türlerinde ilkbahar odunundan yaz odununa geçişin ani olması sebebi ile teğet çatlaklara karşı hassas olduğunu ve radyal çatlakların özellikle geçirimsiz ağaç türlerinde görüldüğünü tespit

etmişler, bu tür kusurların dış kuvvetler oduna uygulandığı zaman iç makaslama direncine neden olarak daha hızlı artan bir direnç düşümüne sebep teşkil ettiğini belirtmişlerdir.

#### *Eğilme Direnci (Modulus of Rupture-MOR) ve Dinamik Eğilme (Şok) Direnci*

“Eğilme testinde örnekler kırılma meydana gelinceye kadar birkaç dakika boyunca artan bir kuvvet ile yüklenir. Eğilme süresince örnekte üst yüzeyinde basınç gerilmeleri, alt yüzeyinde çekme gerilmeleri ve orta bölgesinde makaslama gerilmelerinin kombinasyonu olan iç gerilmeler meydana gelir. Isıl işlem uygulamasından sonra çekme direncinde azalma ve makaslama direncinde daha fazla azalma olmasına rağmen eğilme direncinde önemsiz bir azalma meydana gelmektedir. Bu nedenle eğilme direnci üzerine bireysel primer gerilme tipinin etkisi sınırlıdır.” [16].

“Eğilme direncindeki azalma ile hemiselüloz bozunması arasında ilişki vardır. Hemiselüloz içeriği ve yapısındaki değişimler hemiselülozun thermo-kimyasal olarak odunun en hassas bileşeni olması nedeniyle eğilme direncindeki ilk kayıplarından öncelikli olarak sorumludur. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça eğilme direncindeki azalma artmaktadır. Bunu uygulanan yüksek ısı işlem sıcaklığı ve uzun ısı işlem süresi neticesinde hemiselülozdaki bozunma miktarının artması doğrulamaktadır.” [16].

[29] yaptığı çalışmada, 100 °C, 130 °C, 150 °C, 180 °C ve 200 °C sıcaklıklarda 6, 24, 48 saat süreyle kayın ve çam diri odunlarını ısı işlemine tabi tutmuştur. 150 °C’ nin üzerindeki sıcaklıklarda elastikiyet modülüne göre, basınç direnci, daha az miktarda, şok direnci ise daha fazla miktarda etkilendiğini rapor etmiştir. 180 °C’de 6 saate kadar olan ısı işlem uygulaması ile % 12 rutubetteki kayın odununun basınç direnci çam diri odununa göre daha az azalmıştır. 130 °C’deki işlemde ise çam diri odununun şok direnci önemli oranda azalmıştır.

Termal bozunmadan; en çok mekanik direnç özellikleri, özellikle şok ve eğilme dirençleri, en az ise elastikiyet modülü ve ağırlık kaybı özellikleri etkilenmektedir [87], [88].

[83] yaptıkları çalışmada; yük paylaşım kapasitesinin bozulmasına, lignin hemiselüloz matriksi içerisindeki hemiselüloz yan zincirlerinin kırılmasının ve hemiselülozun polimerizasyon derecesindeki azalmanın neden olduğunu söylemiştir.

Kısa polimerizasyon derecesi ve amorf selüloz mikrofibrilleri etrafına yerleşmiş bir polimerin odun liflerinin direnci üzerine katkı sağlayabileceği hipotetik bulunmaktadır.

Selüloz ve lignin direnç kayıpları % 30-40' a ulaşınca kadar bu polimerlerin ne depolimerizasyonu ne de bozunma ürünleri gözlemlenmediği için etkili olmadığı düşünülmektedir. Selüloz ve ligninin moleküler yapısının yeniden düzenlenme olasılığı ile bunun direnç özellikleri üzerine yapabileceği katkılar (örneğin selülozun kristalleşme ve yeniden yönlendirilmesi ve ligninin polikondenzasyon reaksiyonları) göz önünde bulundurulmamıştır. Eğilme direnci odunun çekme, basınç ve makaslama gibi primer iç gerilmelerinin birleşimidir. Primer bu gerilmelerin, hemiselüloz bozunduğu zaman nasıl bir etki yaptığı henüz belirlenememiştir. Bu sebeple eğilme direncini tam olarak neyin etkilediği kesin olarak tespit edilememiştir. Değişik sıcaklık ve nem şartlarında daha fazla mekanik testin ve daha detaylı kimyasal analizlerin yapılması gerekmektedir [5].

Eğilme testi süresince ısıtma işlemi uygulanmış numunenin ani kırılması dikkat çekmektedir. Isıtma işlemi uygulanmamış numunelerde ise kademeli kırılma görülmüştür. Toplam tüketilen enerji, ısıtma işlemi uygulanmış örneklerde ısıtma işlemi uygulanmamış örneklerle göre daha düşük tespit edilmiştir. Isıtma işlemi uygulanmış odun örneği kırıldıktan sonra ısıtma işlemi uygulanmamış oduna göre dış kuvvetlere daha az karşı koyabilmektedir. Liflere dik yönde kırılan hücre çeperleri, odunu daha kırılğan yapan amorf selülozun kristalleşmesi ve karbonhidratların bozunması gibi odun ana bileşenlerindeki değişimler bu durumun ana sebeplerindendir [7].

“Şok direnci testlerinde örnekler daha büyük bir kuvvet ile çok kısa bir periyot süresince yüklemeye tabi tutulur. Isıtma işlemi uygulanmış örneklerde şok direnci özellikle eğilme direncindeki azalma ile karşılaştırıldığında daha fazla azalmaktadır.” [16].

[89] yaptıkları çalışmada; şok direncinin azalmasında hemiselüloz bozunmasını ana sorumlu olarak göstermişlerdir. Şok direncini ikincil bağlar belirlemektedir ve selüloz - hemiselüloz arasındaki etkileşim ikincil bağlara dayalıdır. Bununla birlikte şok direncinde daha fazla azalmanın sebebi, ısıtma işlemi süresince kovalent bağlarındaki kırılmalar olarak gösterilmiştir. Amorf selülozun kristalleşme veya bozunması nedeniyle kristalimsi selüloz miktarındaki artma şok direnci üzerinde olumsuz etkiye sahiptir.

#### *Eğilmede Elastikiyet Modülü (Modulus of Elasticity-MOE)*

“Odunun elastik özellikleri üzerine ısıtma işlemi uygulamasının etkileri eğilme testi süresince elastikiyet modülündeki artmaya rağmen oldukça sınırlıdır. Hemiselülozun bozunması, lignin hemiselüloz matriksinin yük paylaşım kapasitesinin bozulması ve

kristalimsi selüloz molekülündeki nispi artma elastikiyet modülünün artmasına katkıda bulunur. Ayrıca lignin bağının çapraz bağlanmasındaki artma orta lamelin direnç karakteristiklerini ve selüloz mikrofibril/fibrilleri etrafındaki rijit yapıyı iyileştirdiği için elastikiyet modülünü büyük olasılıkla etkilemektedir. Bundan başka ısı işlem uygulanmış odun ısı işlem uygulanmamış oduna nazaran hücre çeperinde daha az bağlı su içermesi sonucu daha az higroskopik olması ve bu durumun odunu daha az esnek yapmasından dolayı elastikiyet modülünü etkilemektedir.” [16].

[90] yaptığı çalışmada; oduna kısa süreli uygulanan ısı işlem sonucunda meydana gelen elastikiyet modülündeki değişikliklerle ilgili olarak elastikiyet modülünde küçük bir artışın olduğunu göstermiştir. Elastikiyet modülündeki azalmanın ise ancak uygulanan sıcaklığa ve diğer koşullara bağlı olarak değiştiğini ifade etmiştir.

[91] yaptıkları çalışmada, Eucalyptus saligna odununa 105-155°C’ lerde 10-160 saat süre ile ısı işlem uygulamışlardır. Sıcaklık ve sürenin artmasıyla birlikte eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, statik eğilme, liflere paralel basınç direnci ve makaslama direnci değerlerinde azalmalar kaydetmişlerdir.

[30] yaptığı çalışmada; farklı sıcaklık ve sürelerde kayın ve çam örneklerine ısı işlem uygulayarak dirençteki ve maksimum taşıma gücündeki azalmanın direkt olarak kütle kaybı ile ilgili olduğunu, uygulanan işlem ve odun türlerini hesaba katmadan elastikiyet modülündeki asıl düşüşün sadece odunda kütle kaybı % 8’ i aştığı zaman gerçekleştiği sonucuna varmıştır.

#### *1.1.3.4. Renk Üzerine Isıl İşlemin Etkisi*

Renk estetik bir unsurdur ve ısı işlem uygulaması boyunca odunda meydana gelen oksidatif ve hidrolitik (hidrolizle ilgili) renk değişim reaksiyonlarının sonucunda odunda renk koyulaşması meydana gelmektedir. Bu renk değişimi yapraklı ağaçlarda olumlu bir etki olarak değerlendirilir. Renk ısı işlem uygulanmış yapraklı ağaçlara ısı işlem uygulanmamış olanlara göre daha tercih edilebilir özellik katmaktadır. Renk unsurunun ayrıca ısı işlem uygulamasının kalitesini belirleme durumu söz konusudur [8].

Kahverengi görünüm ısı işlem uygulanmış kerestelerin kullanımını sınırlayabilir veya kullanılacağı yere göre tercih edilebilme durumu olabilir. Tipik odun dokusu görünümü ısı işlem uygulaması sonucunda daha belirgin hale gelebilmektedir. Isıl işlem uygulaması süresince odundaki renk değişimlerinin kimyasal sebepleri bu güne kadar

tam olarak açıklanamamıştır [92].

[92] yaptığı çalışmada; hemiselüloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin bozunmasının renk değişmelerinin ana sebepleri olarak tespit ederek ısıtma işlem uygulamasında sıcaklık ve sürenin uzaması nedeniyle odun renginin koyulaşmasını belirtmiştir.

Odunun doğal renginin kökeninde, ekstraktif maddelerin ve kromoforların etkili olduğu bilinmektedir ve ligninde kromoforik gruplar ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Odun ısıtma işlem görüldüğünde, kimyasal reaksiyonlardan sonra renkli bileşiklerin oluşumuyla aldehidler ve fenoller oluşabilecektir [93]-[95].

Odunun kurutulmasında özel bir sorun “kahverengi renklenme” dir. Bu, kurutma sırasında yüzeye çıkan odunun özündeki şeker ve protein gibi çözünebilir bileşiklerle ilgili bir problemdir [96].

#### *1.1.3.5. Yaşlanma ve UV-Direnci Üzerine Isıtma İşleminin Etkisi*

Isıtma işlem uygulanmış kerestenin yüzeyleri yaşlandırma (güneş ışığı, yağmur ve rüzgâr etkisi nedeniyle hava etkilerine) etkilerine karşı zayıflık gösterebilmektedir. Bu etkiler kerestenin dayanıklılığını etkilemez ancak odun yüzeyleri bir süre sonra grileşmeye başlar. Isıtma işlem uygulanmış kereste yaşlanma öncesi koyu kahverenginde olduğu için bu renk değişimi ısıtma işlem uygulanmamış keresteye göre çok daha belirgin olmaktadır [97]. Direkt olarak gün ışığına (ultraviyole radyasyonuna) maruz bırakılan ısıtma işlem uygulanmış panellerin yüzeylerinde ufak çatlaklar oluşabilmektedir. Pigment içeren yüzey işlemlerinin ısıtma işlem uygulanmış panellerde uygulanması, yüzey çatlaklarını giderilmesi bakımından olumlu sonuçlar vermektedir. Doğal hava şartlarına maruz bırakılan ısıtma işlem uygulanmış materyaller, yağmurla taşınan kirler veya havadaki mantarlar nedeniyle malzeme yüzeyinde küflenmeye sebep olabilmektedirler. Yüzey işlemleri uygulanmamış malzeme doğal çevre şartlarına maruz bırakılırsa mantarlar görülebilir fakat bu durum yalnızca yüzeysel olmaktadır ve silerek veya kazıyarak yüzeyden uzaklaştırılabilirler [97]. Pigmentsiz veya düşük organik uçucu bileşikleri içeren boyalar ve yağlar ısıtma işlem görmüş malzemeyi dış hava şartlarına karşı korumada yetersiz kalabilirler ve zamanla aşınırlar. Düşük organik uçucu bileşikleri içeren boya ile kaplanan paneller şiddetli çatlama eğilimi gösterebilirler. Çatlama, solma ve yüzey çalışmasını önlemek adına ayrıca mantar ve dış hava etkilerine karşı, ısıtma işlem uygulanmış malzemenin kaplanması gerekmektedir. Odunun koyu renk ve tekstürünün görülebilmesi için kullanıcılar saydam veya yarısaydam kaplamaları tercih

etmektedirler. Bu tür kaplamalar maalesef opak kaplamalara göre daha düşük performans göstermektedirler. Kaplanmış malzemede küflenme ve mavi renklenme oluşmamaktadır. İyi bir kaplamanın seçilmesi ve uygun ısıl işlem metodunun kullanılması, dış kaplama ve doğrama uygulamalarında yüksek performans elde edilmesini sağlayacaktır [97].

#### *1.1.3.6. Yüzey İşlemi ve Boyanma Kabiliyeti Üzerine Isıl İşlemin Etkisi*

“Isıl işlem uygulaması ile reçine ağaç malzemedeki uzaklaştığı için budaktan boya yüzeylerine reçine sızma riski azalmaktadır ve bu sebeple yüzey işlemlerinden önce budakların verniklenmesi gerekli değildir. Yağ bazlı maddeler ile ısıl işlem uygulanmamış malzemelerde olduğu gibi çalışılabilir. Su bazlı maddeler ile çalışılacağı zaman ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin ısıl işlem uygulanmamış ağaç malzemeye nazaran daha düşük su absorpsiyonuna sahip olduğu unutulmamalıdır. Su bazlı sistemler ile çalışma yavaş kurumalarından dolayı oduna nüfuz etmeleri için yeterli zaman olması durumunda uygun olmaktadır. UV-sertleşen renklendiriciler ve lakeler, yağlar ve balmumu kadar iyi sonuçlar vermektedir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerde yüzey işlem uygulamalarında ağaç malzeme sıcaklığı, rutubet içeriği ve yüzey temizliği gibi doğru çalışma şartlarına daima dikkat edilmelidir.” [16].

Estetik amaçlar veya yaşlandırma için ısıl işlem uygulanmış kerestenin yüzeyleri boyanabilmektedir. Isıl işlem boyama sistemlerinin penetrasyon ve yüzeye yapışma direncini etkilemektedir. Isıl işlem uygulanmış odun ısıl işlem uygulanmamış oduna göre daha hidrofobik olduğundan su bazlı boya sistemlerinin film tabakalarını kurutmak için daha uzun bir süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple kalın bir film tabakası uygulaması yerine iki tane ince film tabakası (örneğin 80 µm' lik bir kuru film tabakası yerine 40 µm' lik iki kuru film tabakası) uygulaması önerilmektedir. Boyama sistemlerine katkı maddelerinin ilavesi ile gerekli yüzey gerilimi ayarlanabilmektedir [5]. Reçineli ağaç türleri boyanacağı zaman ısıl işlem uygulaması süresince tutkal sızması problemi ile karşılaşılabilir. Isıl işlem uygulanmış keresteler organik çözücülü boyama sistemleri (örneğin alkid sistemler) ve genel amaçlı renklendirici ve yağlı boyalar ile boyamaya tabi tutulabilirler. Saydam film kaplama sistemleri, film tabakası altında adezyonu etkileyen yaşlanma riski olduğu için tercih edilmemelidirler. Eğer ısıl işlem uygulanmış kerestenin kaplanmasında, saydam film kaplama sistemi kullanılacaksa UV-emici (pigmentli) ve mavi renklenmeyi önleyici kimyasal madde (biyosit) içermesi sağlanmalıdır [5].

Isıl işlem uygulanmış ağaç malzeme için en uygun kaplama malzemesinin, yağlı astar boya ve solvent bazlı alkid veya su bazlı akrilik son kat boya olduğu düşünülmektedir. Isıl işlem uygulanmış panellerde en iyi performans, asit kürlenmeli ve su bazlı akrilik boyalar sahiptir. Bu boyalar ile kaplanan panellerde boyanın pul pul dökülmesi söz konusu olmamaktadır [5].

#### *1.1.3.7. Yüzey İnaktivasyonu, Temas Açısı ve Yapışma Özellikleri*

Isıl işlem uygulanmış ağaç malzeme daha düşük su alımı sergilemekte olup kuvvetli olarak modifiye edilmiş ıslanabilirlik, kaplama ve tutkallama işlemleri gibi özelliklerinde önemli değişiklikler göstermektedir. Ağaç malzeme yüksek sıcaklık şartlarına maruz kalması durumunda yüzeyi inaktivasyona uğrayabilmektedir. Odun yüzeyinin bağlanma yerlerinin oksidasyonu ve pirolizi yeterince yüksek sıcaklık ve uzun sürede gerçek ve kaçınılmaz inaktivasyon mekanizmasına sebep olmaktadır. Isıl işlem süresince odunun hidroksil gruplarının kademeli kaybı higroskopiklikteki düşüşle ilişkilendirilmiştir. Bu durum termal olarak inaktivite edilen odunun zayıf yapışmasından sorumlu mekanizmalarındandır. Islanabilirlik direkt olarak oksijen/karbon (O/C) oranı ile endirekt olarak ise C1/C2 oranı ile alakalıdır. C1 bileşeni karbon-karbon veya karbonhidrojen bağları ile ilgili olup, C2 bileşeni tek karbon-oksijen bağı göstermektedir. Düşük oksijen/karbon (O/C) oranı ve yüksek C1/C2 oranı, odun yüzeyinde polar olmayan odun bileşenlerinin (ekstraktif madde/uçucu bileşikler) yüksek konsantrasyonu belirtir bu durum da odun yüzeylerini hidrofilikten daha çok hidrofobik davranacak şekilde geliştirir [98].

Isıl işlem görmüş MDF'nin hidrofobik karakteri, fiziksel adhezyon kuran ve yüzeyi yeterli olarak ıslatan üre formaldehid ve melamin/üre formaldehid gibi su bazlı ısıyla sertleşen tutkalların (aminoplast) kabiliyetini düşürmektedir. Kaplamayı MDF'ye yapıştırmada kullanılan ure formaldehid reçinesi polar bir yapıştırıcıdır. Yeterli bağlanmayı sağlamak için ve daha sonra bağı artırmak (kuvvetlendirmek) için liflerin ıslatılmasına gereksinimi bulunmaktadır. Ancak yapıştırıcının ıslatma kabiliyeti ısı işlem uygulaması sonucu lif ıslanabilirliğindeki kayıp nedeniyle etkilenmektedir. Bu ısı işlem uygulamasından sonra hücre polimerlerinin bağlanması sonucu oluşan bir durumdur. Kimyasal olarak modifiye edilen bileşikler problemlere sebep olabilmektedir. Odun hücre çeperinin ıslanması ve tutkal penetrasyonunu, mikro gözeneklerin kapanması etkilemektedir. Büyük mikro gözeneklerin kapanması büyük reçine moleküllerinin penetrasyonunu sınırlar ve böylece bağ direnci ve odun kırılması

düşüş gösterir. Özellikle mekanik bağlanma durumlarında adhezyonun önemli bir bölümünü bu uygulamalar temsil etmektedir. İnaktivite olan odun ve MDF yüzeyleri arasındaki yapışma çeşitli yöntemlerle iyileştirilebilmektedir. Sodyum hidroksit, kalsiyum hidroksit, nitrik asit ve hidrojen peroksit gibi kimyasallar ile uygulama kısmında olsa yapışmayı iyileştirmektedir. Ayrıca yüzey temizleme ve yüzey kaldırma işlemleri örneğin zımparalama inaktiv olmuş yüzeyler arasında yapışmayı olumlu etkilemektedir [99].

Tutkal yapışma performansının artan temas açısı ile azaldığı bilinmektedir. Kaplama ve panel yüzeyleri arasındaki yapışma direnci imalat sonrası ısıtma işlemi uygulanması ile ters orantılı olarak etkileşim gösterir. Temas açısı MDF'nin tutkal yapışma direncinin derecesi için iyi bir göstergedir ve temas açısındaki artma hidrofilitte bir azalma olarak söylenebilir. Isıtma işlemi uygulanmış odunun yüzeyleri daha az polardır bu sebeple su geçirmez ve böylece ısıtma işlemi uygulanmamış oduna göre daha az ıslanabilme kabiliyetindedir. Isıtma işlemi uygulamasından, odunun hidrofilit karakteri kuvvetli bir şekilde etkilenmektedir ve bu sebeple ısıtma işlemi uygulanmış MDF panellerinin sorpsiyon ve difüzyon özellikleri düşüş göstermektedir [7].

Odunun rutubet içeriği (kullanım şartlarında % 7 - 8) ısıtma işlemi uygulamasından sonra (yaklaşık % 3 - 4) oldukça düşük sonuç vermektedir. Bu durum, sertleşmesi için suya ihtiyaç duyan bir bileşenli metil difenil diizosiyanat (MDI) sisteminin yapışma sürecini etkilemektedir. Çözüm yollarından biri tutkala su ilave edilmeden önce odun yüzeylerinin ıslatılması olabilmektedir. Diğer bir alternatif ise iki bileşenli metil difenil diizosiyanat (MDI) tutkalının kullanılmasıdır. Ancak bu sistemler gereği gibi uygulanmazsa ekipmanlarla (örneğin pres) bağ yapmasından dolayı uygulama problemlerine neden olmaktadır. Isıtma işlemi uygulanmış odunun düşük pH'sı (3,5-4,0) özellikle fenol resorsin formaldehid (PRF) tutkalı kullanılacağı zaman yapışma işlemini etkilemektedir. Isıtma işlemi uygulaması sonucu ortaya çıkan asetik asit ve formik asit fenol resorsin formaldehid (PRF) tutkalı için kullanılan tutkal sertliğini etkileyen alkali sertleştiricileri nötrleştirir ve bu durum tutkalın sertleşmesini engellemektedir. Sonuç olarak iyi bir yapışma performansı elde edebilmek için tutkal formülünü ve/veya bağlanma biçimini değiştirmeye ihtiyaç vardır. Yüzeylerin planyalanması veya ilkbahar odununun fırçalanması, ısıtma işlemi görmüş ağaç malzemenin daha iyi yapışması için gerekli olan işlemlerdendir. Aksi durumda ince yüzey partikülleri gevşek bir yapı sergileyeceklerdir bu sebeple diğer materyaller gibi ısıtma işlemi görmüş ağaç malzemenin

yüzeyleri yapıştırma öncesi temizlenmelidir [100]. Çizelge 1.1’de ısıtıl işlem uygulanmış kerestenin GZFT analizi verilmiştir.

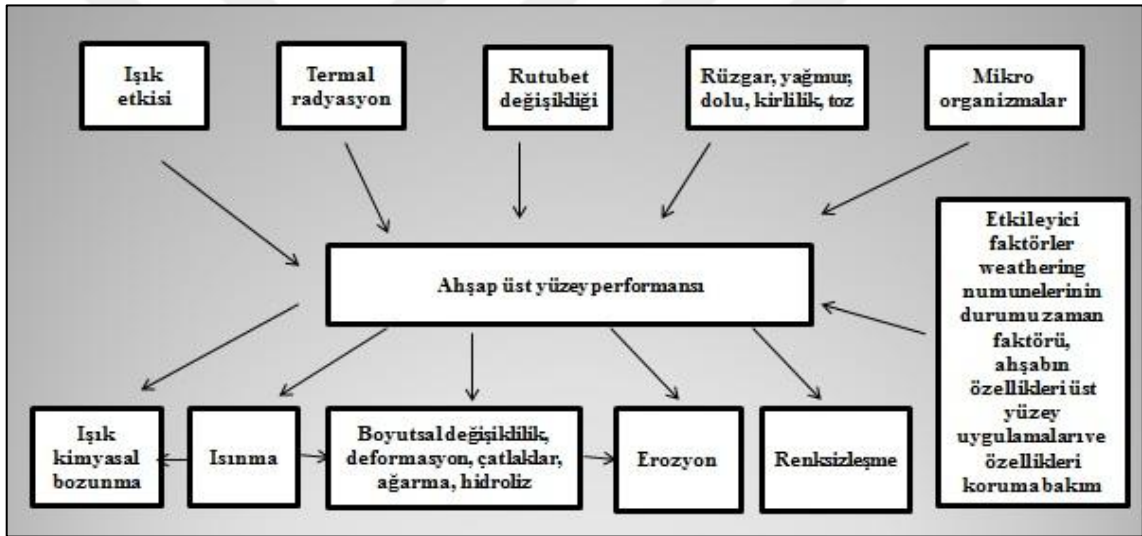
Çizelge 1.1. Isıl işlem uygulanmış kerestenin GZFT analizi [5], [16].

<b>Güçlü Yönleri</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Isıl işlem uygulamasının nispeten basit olması,</li><li>- Doğal ve sürdürülebilir bir materyal olarak odunun kalitesini yükselten katma değerli teknoloji olması,</li><li>- İğne yapraklı ve yapraklı ağaçların büyük bir çoğunluğuna uygulanabilmesi,</li><li>- Ahşap materyallerin çoğuna uygulanabilmesi (kereste, kiriş, kazık, direk vb.),</li><li>- Zehirli kimyasal ilavesi ve üretilen zehirli atık olmaması nedeniyle düşük çevresel etki,</li><li>- Özellikle boyutsal stabilite ve dayanıklılık olmak üzere birçok iyileşmiş odun özelliği.</li></ul>
<b>Zayıf Yönleri</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Özellikle çekme direnci ve eğilme direnci gibi bazı mekanik özelliklerde azalma. Ancak direnç sınıfları üzerine etkisi sınırlıdır.</li><li>- İğne yapraklı ağaç türlerinde küçük kalite kayıpları, özellikle budak çatlağı ve açık reçine keseleri ve kalın kerestelerde iç çatlaklar,</li><li>- Kusursuz kerestenin sınırlı tedariki, sadece nispi kısa uzunluklarda elde edilmesi,</li><li>- Maliyetinin yüksek olması,</li><li>- Piyasadaki bilgi eksikliği,</li><li>- Yüksek yatırım maliyeti,</li><li>- Standart eksikliği.</li></ul>
<b>Fırsatlar</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Yapı endüstrisi için kullanılan kereste üretimi,</li><li>- Yeni ağaç türleri, özellikle kusursuz yapraklı ağaçlar,</li><li>- Sedir ve tropik ağaç türlerinin kullanımının azalması,</li><li>- Emprenye edilmiş ahşaba göre dayanımın artmış olması,</li><li>- Sürdürülebilir materyal olarak yapı endüstrisinde kullanımı için teşvik edilmesi,</li><li>- Isıl işlem uygulanmış kerestenin çevresel profilinin ticari farkındalığı,</li><li>- Yeni bir ürün olması, mimarlar ve tavsiye organları için ilgi çekici olması.</li></ul>
<b>Tehditler</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Yeni ürünlerin kabulü bağlamında kereste endüstrisinin çok daha fazla tutucu olması,</li><li>- Kereste pazarının daha tutucu ve koruyucu bir pazar olması, başlıca satın alma ve satmaya odaklanması ve pazarlama bakış açılarına daha az odaklanması,</li><li>- Piyasada daha ucuz alternatif ürünlerin olması.</li></ul>

## 1.2. DOĞAL VE YAPAY YAŞLANDIRMA

### 1.2.1. Dış Ortam Faktörleri

Dış ortam faktörleri oduna zarar veren birtakım etkiler barındırır. Yağmur, kar, rutubet, solar radyasyon vb. etkiler odun yüzeyinde yapısal ve kimyasal olarak çok büyük değişimlere sebep olabilirler. Yıllar içerisinde yeni hava faktörleri ortaya çıkabilir ve atmosferik kirlenmeden dolayı zayıflayan ozon tabakasından geçen UV ışınları ve zararlı maddeler hava kirliliğinin de etkisi ile sülfür dioksit, nitrojen dioksit meydana getirirler. Hava faktörleri genel olarak nem, ışık, asit tortusu ve sıcaklık olarak kabul edilirler [101]. Ağaç malzemenin ve odun koruyucu sistemlerin maruz kaldığı dış ortam faktörleri ve bu faktörlerin malzemede meydana getirdiği etkiler Şekil 1.7'de gösterilmektedir.



Şekil 1.7. Ahşap ve ahşap koruyucu sistemlere yaşlandırmada etkili olan faktörler [102].

#### 1.2.1.1. Güneş Işığının Etkisi

Işık etkisi, iklim faktörlerinin en önemlilerinden birisidir ayrıca hem yüzey işlemlerinde bağlayıcı madde olarak kullanılan sentetik reçine üzerinde, hem de odun üzerine doğrudan etkisi bulunmaktadır. Özellikle kısa dalga boylarındaki ışınlar odunun makro moleküllerini ve sentetik reçine bağlayıcılarını yavaş yavaş parçalamaktadır ve bu şekilde parçalanmış moleküller, mekanik ve rutubet etkisiyle daha dayanıksız bir hal almaktadırlar. Kısa dalga boylarındaki ışınların ağaç malzemeyle temasının engellenmesi sonucu ağaç malzemenin ve yüzey işlemlerinin dayanıklılığını artırmak mümkün olabilmektedir. Bu engelleme işlemi, ışığı geçirmeyen pigment veya katkı maddelerini

içeren bağlayıcı maddeler ile ağaç malzeme yüzeyinin kaplanması sonucu gerçekleşmektedir [103].

#### *1.2.1.2. Rutubet*

Odun bünyesinde daima su ihtiva etmektedir. Odun içerisindeki rutubet miktarının, kullanım yerinde fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikler üzerinde önemli derecede etkili olmaktadır. Ayrıca odunun, işlenebilme, kuruma, emprenye edilebilme kabiliyeti ve kalori değeri rutubet miktarıyla birlikte değişiklik göstermektedir. Bununla birlikte malzeme içerisindeki rutubet miktarı, renk değiştiren ve çürüklük yapan mantarlar için çok önemlidir. Mantarların arız olduğu en düşük rutubet miktarı % 20 ve bazı durumlarda % 18' dir [104].

#### *1.2.1.3. Asit Depolama*

Özellikle yaz aylarında odunun maruz kaldığı güneşin radyasyon etki şiddeti odun bozunumunda önemli rol oynar. Kış aylarında ise odun yüzeyindeki bozunum derecesinde, çeşitli nedenlerden dolayı atmosferdeki sülfürdioksit oranının artması gösterilmektedir [105].

[101], [106], değişik odunlar üzerinde yapmış oldukları çalışmalarda Ksenon cihazını kullanarak asidin yüzey erozyonu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Test örneklerini hava etkisi cihazında periyodik aralıklarla farklı pH derecelerinde sülfirik asit ve nitrik asit ile muameleye tabi tutmuşlardır. Kontrol grubu ile yapılan karşılaştırmalarda pH=3'de asit ile muamele görenlerde erozyon % 10, pH= 3,5'de % 4 ve pH= 4 ile muamele edilenlerde erozyon görülmediğini tespit etmişlerdir. pH derecelerinin bir dereceye kadar korunduğunu rapaorlamışlardır. Çünkü doğal atmosferik koşullarda asit yağmurundaki asit yoğunluğunun etkisi ile oluşan bozunumun, yüzey koruyucu işlemi görmüş materyallerde ilk önce koruyucu tabakada (vernik, boya v.b) görülebildiğini ve malzemenin bozunum derecesinin koruyucu maddenin performansına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

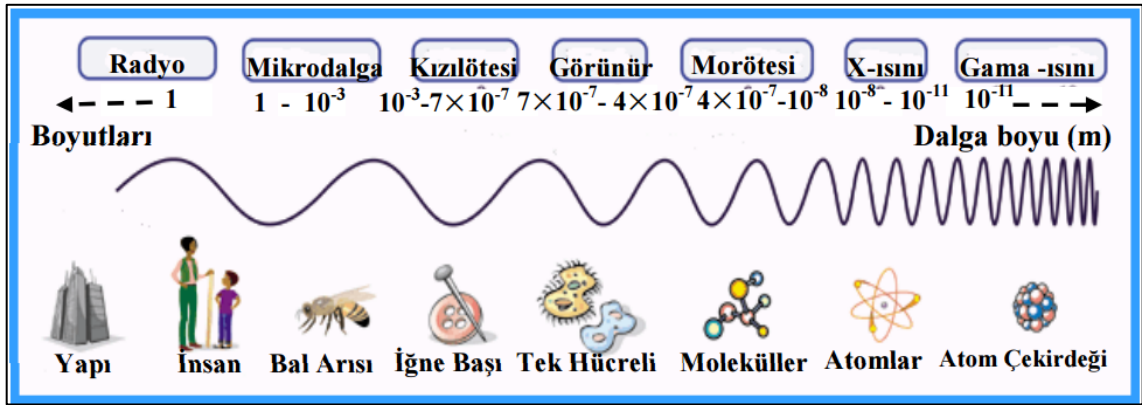
#### *1.2.1.4. Diğer Faktörler*

Sıcaklık artışı fotokimyasal ve oksidatif reaksiyonları artırır. Absorbe edilen suyun donması çatlama olayına etkide bulunabilmektedir. Rüzgâr, kum ve çamur gibi elementlerin neden olduğu aşınma ve mekanik olaylar yüzey bozunumunu önemli ölçüde etkiliyebilmektedirler. Kum gibi küçük parçalar yüzey çatlaklarına neden olabilmekte ve odunun şişme ve çekmesi sırasında bu parçalarla temas eden lifleri

zayıflatabilmektedir. Rüzgârla birlikte bu tip katı parçalar (kum, çamur vb.) bozunuma neden olmaktadır [106], [107].

#### 1.2.1.5. UV Işınlınının Etkisi

Güneş ışığı 280-3000 nm dalga boyları arasında yeryüzüne ulaşmaktadır. Bunun 290 ile 400 nm arasındaki dalga boyuna sahip olanlar, UV ışınları olarak adlandırılmaktadır. Yapısında, yaklaşık % 6 ultraviyole radyasyon (UVR) bulunmaktadır. Çizelge 1.2’de ışınların cinsleri ve yoğunlukları verilmiştir [108]. Şekil 1.8’de ise elektromanyetik spektrum olarak adlandırılan geniş dalga boyu aralığı görülmektedir.



Şekil 1.8. Elektromanyetik spektrumun yaklaşık dalga boyu ve boyutları [109].

Çizelge 1.2. Radyasyon yoğunlukları ve sınıflandırılması (yazın normal düşme açısında) [110].

Dalgaboyu Kısmı (nm)	Radyasyon Şiddeti (W/m <sup>2</sup> ) (%)	Ortalama Foton Enerjisi (kJ/mol)
UV-A ışınları	5	400
UV-B ışınları	27	350
	36	315
Görülebilir ışınlar	580	200
IR ışınları	472	63

UV ışınları UV- A, UV- B ve UV- C olmak üzere üç tiptir ve özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir.

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

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

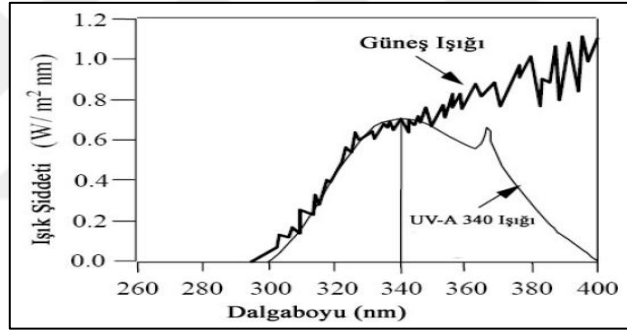
UV- C (100-280 nm): Atmosferdeki oksijen ve ozon tarafından tamamen absorblanır.

Büyük ölçüde tahrip eden çok yüksek enerjili UV- C ışınları (280 nm’den küçük) ise, atmosferdeki ozon tabakası tarafından filtre edilir ve dünyaya ulaşamazlar [110].

## 1.2.2. Florasan Lamba (UV) İle Yaşlandırma Uygulamaları

“UV Testi, UV ışınları yayan lambalarla, yüzeyde yoğunlaşan nemin etkilerinin ardışık periyotlarla uygulandığı test kabinlerinde yapılır. Kullanılan ve UV ışını yayan floresan lambaların içerdikleri dalga boyları güneş ışığına göre daha yüksek enerji içerir. Dolayısıyla, testin, doğal dış ortamda hiçbir zaman gündeme gelmeyecek tahribatlara yol açması söz konusu olabilmektedir. Ancak, tüm benzeşim sorunlarına rağmen UV testi yaygın olarak kullanılmaktadır.” [111].

UV ışınları ile yaşlandırma işlemi başlangıç maliyeti düşük bir gidere sahiptir ve sadece belli sürelerde değiştirilmesi gereken floresan lambalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu durum bakım harcamaları konusunda da düşük bir maliyet getirmektedir. Farklı tipte UV-Florasan lambalar, farklı UV ışınma aralığı için kullanılmaktadır. Şekil 1.9’da görülen UV-A 340 lambaları, 300-400 nm arasında kalan ışık yayılımı aralığındaki ışınımı temsil etmektedir [112].



Şekil 1.9. Güneş ışığı ve UV-A 340 lambası ışığının dalga boyu analizi [112]

### 1.2.2.1. Laboratuvar Yaşlandırma Testleri

“Morötesi (UV), görünür ve kızılötesi (infrared) bölgeleri güneş ışınlarının zarar veren bölümü UV bölgesinde 295 nm’ye kadar olan kısa dalga boylarıdır. Atmosferin çözücü özelliği nedeniyle sadece % 5 - 7’ye kadar UV ışını yeryüzüne ulaşır.” [113].

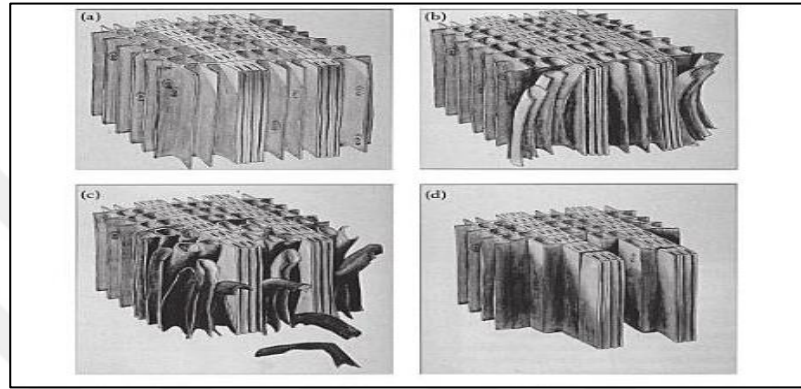
“UV-A bölgesinde daha uzun dalga boyları olup, 71-91 kcal/mol’lük enerji karbon-nitrojen bağlarını kırarak güçte değildir. UV-B bölgesinde daha kısa dalga boylu enerji olan 91-102 kcal/mol en yüksek bozunmaya sebep olur. UV-B bölgesindeki enerji seviyesi polimer kaplamalarda karbon-nitrojen, karbon-karbon, nitrojen-hidrojen, karbon-oksijen, karbon-hidrojen bağlarını kırarak düzeydedir.” [113].

Farklı UV ışınma aralığı için, farklı tipte UV-Florasan lambalar bulunmaktadır. Bunun yanında UV-B 340 lambaları gün ışığı dalga boyu ile maksimum korelasyon

göstermektedirler ve bu lambalarının dalga boyu 295 ile 365 nm arasında değişmektedir [113].

Borosilikat dâhili ve harici filtrelerin kullanımı, ışınım spektrumu gibi doğal ışık kaynağını andırmaktadır. UV-Florasana yaşlandırmaya göre, Xenon-ark lambasının kullanıldığı yaşlandırmadaki bozunum, daha yüksek aşınma göstermiştir [112].

Ağaç malzeme UV ve rutubet etkisi sonucu meydana gelen deformasyon Şekil 1.10'da verilmiştir.



Şekil 1.10. Ağaç malzeme yüzeyinde UV radyasyon ve rutubet etkisi ile meydana gelen bozunmanın şematik diyagramı (a: normal odun; b: yaşlandırmanın başlangıcında liflerin gevşemesi; c: lif kaybı; d: düşük yoğunluklu ilkbahar odununda oluklu görünüm) [114].

Dış ortam yaşlandırması ile hızlandırılmış yaşlandırma arasındaki ilişki aşağıdaki değişkenlere bağlıdır;

- Günün zamanı; Güneş, ayın yakınında, gökyüzündeki en yüksek noktasındadır. Bu zamanda güneş ışınları atmosferin içinden geçmek için en az mesafeye sahiptir ve UV-B dereceleri, en yüksek seviyededir. Sabahın erken saatleri ile öğleden sonrasının geç saatlerinde, güneş ışınları, atmosferin içinden eğik olarak geçer ve UV-B'nin yoğunluğu, büyük ölçüde azalır. UV-A dereceleri, ozona karşı hassas değildir ve görünür güneş ışığında olduğu gibi, gün boyunca değişebilir.
- Yılın zamanı; Güneşin açısı, UV ışınlarının yoğunluğunun değişmesine neden olan mevsimlerle değişir. UV yoğunluğu, yaz ayları boyunca en yüksek noktaya ulaşır.
- Enlem; Güneş ışınları, güneşin en çok direkt olarak tepede bulunduğu ve UV ışınlarının atmosfer içinden en az mesafeyi geçmek zorunda olduğu ekvator da en güçlü seviyededir. Ozon, orta ve yüksek enlemlerle karşılaştırıldığında, tropikal bölgelerde

doğal olarak daha incedir. Bu nedenle atmosferden geçen UV radyasyonu absorblayan ozon miktarı daha azdır. Daha yüksek enlemlerde, güneş, gökyüzünde daha azdır, bu nedenle UV ışınlar, atmosferin ozonca zengin kısımlarından geçerken, büyük bir mesafe kat etmek zorundadırlar ve dolayısıyla bu enlemler daha az UV radyasyona maruz kalırlar.

- Yükseklik; UVR yoğunluğu, yükseklikle artar, çünkü UVR'nin yeryüzüne ulaşmadan önce içersinden geçeceği zarar veren UV ışınlarını filtre eden atmosfer, daha az olmaktadır. Dolayısıyla da, daha az UVR filtre edilmektedir.
- Hava koşulları; Bulut tabakası, UV seviyelerini azaltır, fakat tamamıyla ortadan kaldırmaz. Bulut tabakasının kalınlığına bağlı olarak, bulutlu bir günde, çok sıcak hissedilmemesine rağmen, güneş yanığı oluşması mümkündür.
- Yerleşim; Parlak ve açık yüzeyler UV ışınlarını yansıtır. Kar, buz ve su da aynı etkiyi yapmaktadır [108].
- Yerel coğrafi özellikler gibi rüzgâr, çiğ, sıcaklık gibi faktörlerde etkilidir.
- Aynı yerdeki hava hareketleri yıldan yıla değişiklik arz edebilir.
- Mevsimsel değişiklikler (kış mevsiminin bozundurma şiddeti yaz mevsimininkinin 1/7'si kadardır).
- Örneklerin konumu (5° Güney, dikey kuzey v.s). Örneklerin koruyucu bir madde tarafından korunması (dış ortamda koruyucu madde tarafından korunmamış örnekler korunmuş örneklere nazaran % 50 daha hızlı yıkılamaya uğrarlar).
- Hızlandırılmış UV yaşlandırma ışın süresi ve nem süresinden oluşur.
- Hızlandırılmış UV yaşlandırmadaki sıcaklık bozunmayı hızlandırır.

Dış ortama bırakılan odunda fotokimyasal bozunma, güneş ışığının da etkisiyle odun yüzeyinde hızlıca meydana gelir. Dış ortama bırakılmış odunda başlangıçta renk değişimi sarımsı ve kahverengi iken, gittikçe kül rengine dönüşür. Bu renk değişimleri odun yüzeyindeki hücrelerin lignin yapılarının bozunmasından kaynaklanır [106], [115]-[117].

Yüzeyde değişim tam manasıyla çok ilginçtir. Odunda bu değişim 0,05 – 2,5 mm derinlikte de meydana gelir. Odunda kimyasal değişme güneş ışınlarının özellikle UV ışınlarının etkisiyle olur ve özellikle lignin yapısının tahribata uğramasıyla da sonuç

olarak renk değişimi meydana gelir [117], [118].

Odunda direnç azalmasıyla ışık arasındaki ilişki, ışık ligninin polimerizasyon yapısını ve hücre duvarlarını oluşturan bileşenlerin bozunmasına sebep olur. Sonuç olarak odunun mikro yapısı bozunur. Dış ortamda iki önemli faktör güneş ışığı ve su farklı zamanlarda çok büyük etkiler meydana getirirler. Odunun bozunması dış ortamdaki iklimik şartlarla ilgili ve önemlidir. Örneğin dış ortamda odun ışık etkisine maruz kalırken diğer yandan yüksek nemin, yağmur, çığ, ıslanma ve diğer iklimik şartlar içindedir. Bir araya gelmiş elementlerin hareketi farklı yollarla bozunma yapar, ışık bozunmayı hızlandırır, su da odunu etkiler [106], [118].

### 1.3. LİTERATÜR ÖZETİ

Isıl işlem görmüş ağaç malzemeler üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik testlerine ait çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

[119] bu çalışmada, dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) odununun boyutsal stabilizasyonu üzerine ısıl işlemin etkisi incelenmiştir. Dişbudak örneklerine su buharı ortamında, 120 °C, 160 °C, 190 °C ve 210 °C olan dört farklı sıcaklık ve 3, 6 ve 9 saat olan üç farklı sürede ısıl işlem uygulanmıştır. Deney örnekleri üzerinde, su alma oranı, su itici etkinlik, genişlemeyi önleyici etkinlik ve ATR-FTIR analizleri gerçekleştirilmiştir. Genel olarak ısıl işlem sıcaklık ve süresinin artışı ile su alma oranlarında azalmalar meydana gelirken, su itici etkinlik ve genişlemeyi önleyici etkinlik değerlerinde artışlar gözlenmiştir. Sonuç olarak, ısıl işlem uygulaması ile dişbudak odununun kalite ve değerlerinin kimyasallar kullanılmadan artırılabilceği raporlanmıştır.

[120] çalışmasında; 100-150°C’de, 2-100 saat aralığında ısıl işleme tabi tutulmuş hinoki odununun (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) eğilme direnci değerini ısıl işlem uygulanmamış örneklerden daha yüksek bulunduğunu belirtmiştir.

[91] yaptıkları çalışmada; 100-155°C sıcaklıkta 10–160 saat arasında okaliptüs odunu kullanılarak oduna ısıl işlem uygulanmış ve ilerleyen süreçte basınç direncinde artışlar tespit etmişlerdir.

[6] çalışmasında; okaliptüs odununa 180°C sıcaklıkta 3 saat süreyle ısıl işlem uygulanmış ve % 25’lik su itici etkinlik (ASE) değerini arttırdığını tespit etmişlerdir. Isıl işlem uygulamasının odunun direncini önemli ölçüde etkilediğini, ısıl işlem uygulanmış

odunun çekme direncinin % 26 oranlarında düştüğünü, elastikiyet modülü değerlerinin ise ısıtma işlemi uygulanmamış odununun değerlerinden yüksek olduğu raporlamıştır.

[121] yaptıkları çalışmada; 180-225 °C sıcaklıkta ve buhar atmosferinde 2-8 saat arasında ısıtma işlemi uyguladığı ladin odununun kimyasal analizinde ısıtma süresince karbonhidratların ligninden daha fazla degrade edici reaksiyonlara maruz kaldığını tespit etmişlerdir.

[122] çalışmasında, ısıtma işlemi sürecinde odunun; fiziksel, mekanik, biyolojik performansı ve hücre çeperi polimerlerinin kimyasal dönüşümünü incelemiştir. Odun direncinin, odun türüne ve işlem şartlarına bağlı olarak değiştiğini ve şok direnci deneyinin en çok düşüş gösteren değer olduğunu belirtmiştir.

[15] çalışmasında, araştırmasında ısıtma işlemi görmüş Kayın ve Doğu Ladini odunlarını atmosferik şartlarda 2, 6 ve 10 saat 130, 150, 180, 200 °C'de ısıtma işlemi tabii tutmuştur. Odunun boyutsal stabilizasyonunu ısıtma işlemi uygulamasından sonra memnuniyet verici olduğunu bildirmiştir. Mekanik ve teknolojik özellik değerlerinin genellikle maruz olduğu şartlar ve sıcaklık derecelerinin artmasıyla azaldığını; odunun kimyasal özelliklerde ise, ısıtma işlemi süresince en çok holoselülozların bozulduğu raporlamıştır.

[123], kayın odununun mekanik özellikleri, renk değişimi ve boyutsal stabilizasyonu üzerine yüksek sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Sonuçta mekanik direnç değerlerinde azalma olduğunu, odun renginin koyulaştığını ve odunun boyutsal stabilizasyonunun arttığını belirtmişlerdir. 200 °C ve üstü ısıtma işlemi sıcaklıklarında renk değişiminin arttığını ve renkteki koyulaşmanın 4 saat muameleden sonra daha da yoğunlaştığını tespit etmişlerdir. Eğilme direncindeki azalma oranının % 5 - 40 arasında olduğunu, elastikiyet modülünde ise azalma oranının % 4 - 9 arasında olduğunu raporlamışlardır.

[124] çalışmalarında, ısıtma işleminin okaliptüs odununun renk, fiziksel ve mekanik özelliklerinin üzerine etkilerini incelemiştir. Isıtma işlemi uygulanmış okaliptüs odunu örneklerinin şişme, sertlik, tam kuru yoğunluk ve renk değişimini belirlemiştir. Isıtma işlemi sonucunda odun örneklerinin renklerinin koyulaştığını, ısıtma işlemi sıcaklığı ve şartları artırıldıkça şişme, yoğunluk ve sertlikte değerlerinde azalma görüldüğünü tespit etmişlerdir.

[125] yaptığı çalışmada; ısıtma muamele görmüş odunun direnç, su alışı-verişi, kuruma davranışı, ve boyutsal stabilizasyonunu incelemiştir. Ayrıca renk değişiminide. 100°C üzerindeki sıcaklıklarda ve düşük sıcaklıklarda yapılmış olan ısıtma işlemi arasında lifler

yönündeki makaslama direncinin düştüğünü tespit etmiştir. Yüksek sıcaklıkta muamele edilen örnekler ile düşük sıcaklıklar da ısıtım işlem uygulanmış örnekler karşılaştırıldığında yüzey sertliği, çatlama direnci ya da yüzey pürüzlüğü değerlerinde çok fazla bir düşüş görülmediğini raporlamıştır. Isıtım işlem sonunda fark edilir renk değişiminin çam öz odununda 70 °C'den sonra hızla arttığını gözlemiştir.

[126] çalışmalarında; kayın odunu örnekleri ile, ısıtım işlem görmemiş ve ısıtım işlem görmüş odunun lif yoğunluk noktasını tarama kalorimetresi ile belirlemiştirler. Isıtım işlemin yüksek sıcaklıklarda uygulanmasında, odunun çalışmasında ve direnç değerlerinde meydana gelen düşümlere hemiselüloz yıkılmalarının ve ligninin kimyasal bozunmasının sebep olduğunu belirtmişlerdir.

[127] çalışmalarında; termal olarak modifiye edilmiş okaliptüs odununun hava kurusu yoğunluğu, yüzey pürüzlülüğü (ortalama pürüzlük) ve liflere paralel basınç direnci üzerinde ısıtım işlemin etkisini araştırmışlardır. Isıtım işlem sıcaklığının ve uygulama süresinin artmasıyla; basınç direnci, yoğunluk ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin düştüğünü tespit etmişlerdir.

[128] yaptıkları çalışmada; sahil çamı ve okaliptüs odunu örneklerine hava ortamda buharla birlikte otoklav içerisinde 2–12 saat ve 190–210 °C sıcaklıklarda ısıtım işlem uygulamışlardır. Sonuçta odunun su-alış verisinde önemli iyileşmeler meydana geldiğini belirlemiştirler. Çam odunu örneklerinin ve okaliptüs odunu örneklerinin denge rutubet oranının düştüğünü, boyutsal stabilizasyonlarının ise yükseldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca yüzey ıslanabilirliğinin düştüğünü gözlemlemiştirler. Bunların yanında mekanik özelliklerden elastikiyet modülü çok az etkilendiğini ancak eğilme direncinde ciddi düşümler gerçekleştiğini tespit etmişlerdir.

[129] yaptıkları çalışmada; 175 ve 200 °C sıcaklıklarda 0, 1, 3 ve 10 süreyle huş odununa ısıtım işlem uygulamışlardır. Odunun renk ve direnç özelliklerinin nasıl etkileneceğini araştırmışlardır. Sonuç olarak renk ve denge rutubetinin direnç özellikleriyle bir ilgisi olmadığını tespit etmişlerdir. 200 °C de 3 saat süren ısıtım işlem sonrası eğilme direnci değerinin % 43 oranında düştüğü belirlemiştirler. Ayrıca ısıtım işlem sonucunda elde edilen rengin örnek üzerinde homojen bir yapıda olmadığını belirtmişlerdir.

[130] yaptığı çalışmada; ladin örneklerinin rengindeki değişimi ısıtım işlem ve ışık etkisiyle belirlemiştir. Isıtım işlem sonrasında ölçülen L\*, a\* ve b\* değerlerinde düşüş

tespit etmiştir. Isıl işlemde sonra ışık muamelesi sonucunda L\* ve a\* değerlerinde düşüş olmasına rağmen en ciddi düşüşün b\* değerinde olduğunu gözlemiştir. Sonuç olarak ısıl işlem uygulanmış odunun, ışık etkisi altında renk değişimine uğradığını raporlamıştır. Işık yayılımıyla foto termal olarak işlem gören odunun rengi ısıl işlemle iyileştirilebilmekte fakat gerekli önlemler alınmadığı takdirde odun örneklerinde istenmeyen renk değişimlerinin olabileceği belirtmiştir.

[131] çalışmasında; 170, 190 ve 210°C sıcaklıkta, 4, 8 ve 12 saat süreyle ısıl işlem görmüş göknar (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini incelemiştir. Odun örneklerinin fiziksel özelliklerinden denge rutubeti ve renk değişimi üzerine ısıl işlemin olumlu etkisinin olduğunu, sıcaklık ve sürenin artmasıyla mekanik ve teknolojik özelliklerinde düşüş gözlemlendiğini belirtmiştir.

[132] çalışmalarında, hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) odunu ve buna (*Fagus crenata* Bl.) odununun eğilme direnci ve elastikiyet modülünün 150 °C'de ki ısı ile muamelesi sonucu değişmediğini ancak 200 °C'de ısıl işlem uygulanmış örneklerle ısıl işlem uygulanmamış örneklere kıyasla eğilme direncinin % 50 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Şok (dinamik) eğilme direncinde absorbe edilen enerji, 150 °C'de ve 200 °C'de yapılan uygulamalarda ciddi oranda düştüğünü raporlamışlardır.

[133] yaptıkları çalışmada; odunun kırılma dayanımının, sıcaklığın 120 °C' yi geçmesiyle düşüş gösterdiğini bildirmişlerdir.

[134] yaptıkları çalışmada, sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieb.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) odunlarına 130, 180, 230°C sıcaklık ve 2 ile 8 saat süreyle ısıl işlem uygulamışlardır. Sonuç olarak, 230°C'de hem 2 saatlik hemde 8 saatlik uygulamada odun örneklerinin DRM'nın düştüğünü gözlemişlerdir.

[135] çalışmalarında; Camiyanı Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) odununun fiziksel özelliklerden; tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk ve genişleme özellikleri ile mekanik özelliklerden; basınç direnci, janka sertlik değeri ve yüzey pürüzlülüğü değerlerine ısıl işlemin etkisini araştırmışlardır. Isıl işlem uygulama sıcaklığına ve süresine bağlı olarak odun örneklerinin incelenen tüm özelliklerinde azalmanın olduğunu, yüzey pürüzlülüğü ve genişlemede meydana gelen azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilitenin aksine direnç değerlerinde azalma olduğunu tespit

etmişlerdir.

[136] çalışmalarında; Uludağ Köknarı (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun fiziksel özelliklerinden; tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk ve genişleme üzerine ısı işlemi etkisini araştırmışlardır. Isıl işlem sonrası her iki ağaç türünde sıcaklığa ve süreye bağlı olarak tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk ve genişleme değerinin azaldığı bu duruma bağlı olarak odunun boyutsal stabilitenin arttığını raporlamışlardır.

[137] çalışmalarında; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun teknolojik özelliklerinden; basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, janka sertlik, dinamik eğilme (şok) direnci ve liflere dik çekme direnci üzerine ısı işlemi etkilerini araştırmışlardır. Deney örneklerine 2 saat, 6 saat ve 10 saat süreyle 120°C, 150°C ve 180°C'de olmak üzere ısı işlemi uygulamışlardır. En az direnç kaybının 120°C'de 2 saat ısı işlemi uygulamasında olduğunu, en fazla direnç kaybının ise 180°C'de 10 saat ısı işlemi uygulamasında gerçekleştiğini tespit etmişlerdir.

[138] yaptığı çalışmada, gürgen yapraklı kayacık odununun bazı mekanik özellikleri üzerine 120 °C, 150 °C ve 180 °C sıcaklıklarda ve 2 saat, 6 saat, 10 saat sürelerde ısı işlemi uygulamıştır. Mekanik özelliklerden liflere paralel çekme direnci, makaslama direnci ve yarıma direnci araştırılmıştır. Isıl işlem sıcaklık ve süresi arttıkça mekanik özelliklerin azaldığını raporlamıştır.

[139] çalışmalarında; sarıçam odununa, 150, 170 ve 190°C sıcaklıklarda 4, 6 ve 8 saat süreyle ısı işlemi uygulamışlardır. Uygulanan sıcaklık ve sürenin artışı ile sarıçam odun örneklerinin ağırlık kaybının arttığını ve renginin koyulaştığını tespit etmişlerdir. Isıl işlem süresinin ve sıcaklığının artmasıyla odun örneklerinin hacimsel genişlemesinin azaldığını bu durumda odunun boyutsal stabilizasyonu arttırdığını belirtmişlerdir. Isıl işlem uygulama sonrası sarıçam odununun eğilme direnci ve elastikiyet modülünde azalma gözlemlenmiştir ancak basınç direncinde artış olduğu raporlanmıştır. Isıl işlem uygulamasından en fazla eğilme direncinin etkilendiğini belirtmişlerdir.

[9] yaptıkları çalışmada, karaçam ve dişbudak odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemi etkisini incelemişlerdir. Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinde düşümlere neden olduğunu en fazla etkilenen özelliğin ise eğilme direnci olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca ısı işlemi sonucunda ağaç malzemenin renginin koyulaştığını raporlamışlardır.

[140] yüksek lisans çalışmasında, Doğu kayını ve Uludağ göknarı odunlarına 170, 180, 190, 200 ve 212°C sıcaklıkta ve iki saat süreyle ThermoWood yöntemiyle ısı işlem uygulamıştır. Test örneklerinde fiziksel özelliklerden; hava kurusu yoğunluk, denge rutubet miktarı, teğet genişleme, radyal, teğet ve hacimsel boyutsal değişim, ısı iletkenliği, aşınma direnci ve toplam renk değişimi değerleri, mekanik özelliklerden; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve liflere paralel basınç direnci değerleri belirlenmiştir. Sıcaklığa bağlı olarak ağırlık kaybının arttığını tespit etmişlerdir. Isıl işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte denge rutubet miktarı azaldığını, boyutsal stabilizasyonun arttığını raporlamışlardır. Odun örneklerinin ısı yalıtkanlık değerlerinin arttığını ve renklerinin homojen bir şekilde koyulaştığını tespit etmiştir. Mekanik özelliklerden eğilme direncinde ısı işlem sıcaklığının artmasıyla düşüş gözlemlendiğini, elastikiyet modülünde çok az bir artış olduğunu raporlamıştır. Liflere paralel basınç direnci artış olduğunu gözlemiştir.

[141] çalışmasında; çam (*Pinus nigra* Arnold) ve göknar (*Abies bornmüllerina* Mattf) odunlarına ThermoWood yöntemi ile 212 ve 190°C'de 2 saat süre ısı işlem uygulamıştır. Odun örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Isıl işlemin eğilme direncini, elastikiyet modülünü ve şok direncini azalttığını raporlamıştır. Basınç direnci ve şok direncinin etkilendiğini ve odun örneklerinde hacimsel daralma ve genişlemenin yarıya düştüğünü tespit etmiştir.

[142] çalışmasında, doğu ladini ve sakallı kızılâğaç odun örneklerine ThermoWood yöntemiyle ısı işlem uygulamıştır. 190, 205 ve 212 °C sıcaklıkta ve iki saat süreyle bu iki ağaç türüne ısı işlem uygulamıştır. Fiziksel özelliklerden; hava kurusu yoğunluk, denge rutubet miktarı, boyutsal değişim, ısı iletkenliği ve renk değişimi değerleri, mekanik özelliklerden; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve liflere paralel basınç direnci değerlerini belirlemiştir. Isıl işlem uygulamasının fiziksel özellikler üzerindeki etkisinin genel olarak olumlu yönde olduğunu raporlamıştır. Isıl işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte denge rutubet miktarının azaldığını, boyutsal stabilizasyonun önemli oranda arttığını, odunların ısı yalıtkanlık değerlerinin arttığını ve odun örneklerinin renginin homojen bir şekilde koyulaştığını tespit etmiştir. Isıl işlem sıcaklığının artmasıyla eğilme direncinde düşüş gözlemlemiştir, elastikiyet modülünde ise önce çok az bir artış sonrasında azalma olduğunu, liflere paralel basınç direncinde ise artış olduğunu tespit etmiştir.

[143], Doğu kayını ve göknar odunu örneklerine, 170, 180, 190, 205, 212°C'de 2 saat süreyle ThermoWood yöntemine göre ısıl işlem uygulanmıştır ve ısı iletkenlik değerleri incelenmiştir. Buna göre; sıcaklık arttıkça ısıl işlemin ısı iletkenlik katsayısını azalttığı raporlanmıştır.

[144] yaptığı çalışmada; Yabani Kiraz (*Prunus avium (L.) Monench*) odunu örneklerine 190°C ve 212°C sıcaklıklarda 1 ve 2 saat süre ile ThermoWood yöntemiyle ısıl işlem uygulamıştır. Test sonuçlarına göre fiziksel özelliklerde iyileşme gözlemiştir. Mekanik direnç özelliklerinden liflere paralel basınç direnci ile eğilmede elastikiyet modülünde artış raporlamıştır. Ancak eğilme direncinde % 30, dinamik eğilme direncinde % 50 ve liflere dik çekme dirençlerinde ortalama % 65'e varan azalmalar tespit etmiştir. Janka sertlik değerinde enine kesitte tüm ısıl işlem görmüş gruplarda artış olduğunu belirtmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma 144, 288, 576 ve 864 saatlik dört safhada uygulanmıştır. Sonrasında ortalama yüzey pürüzlülüğü, renk ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Isıl işlemin yüzey pürüzlülüğünü iyileştirdiğini, odun örneklerinin rengini koyulaştırdığını ve parlaklık değerinin azaldığını belirtmiştir.

Vernikli ahşap malzemeler üzerinde yapılan yaşlandırma çalışmaları aşağıda özetlenmiştir.

[145] araştırmalarında; şeffaf koruyucuların kullanıldığı, iğne yapraklı odun yüzeylerinde, doğal ve yapay yaşlandırma etkilerinin karşılaştırıldığı araştırmada; weather-ometer ile 0, 50, 150, 300 ve 2400 saatlik aralıklarda alınan ölçümler sonunda yüzeydeki bozunma etkilerinin özellikle, 150 saatten sonra başladığı, hızlandırılmış yaşlandırma etkisinin, doğal yaşlandırma etkisine yakın sonuçlar verdiğini raporlamışlardır.

[146] çalışmalarında, farklı vernik uygulanan sarıçam, doğu kayını ve kestane odunlarını açık hava iklim şartlarına maruz bırakmışlardır. Dış hava koşullarının poliüretan verniğin hem sarı hem de kırmızı renk tonunda, sentetik verniğin kırmızı renk tonunda artışa sebep olduğunu, sarı renk tonunda ise azalışa sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Yapışma direncinin en yüksek poliüretan vernikli sarıçam odununda olduğunu, yapışma direnci üzerine emprenye maddesinin etkili, ağaç türünün etkisiz olduğunu bildirilmişlerdir.

[147] çalışmasında, tanalith-CBC (% 13) ve parafin + sentetik tiner + vernik (% 1 + % 79 + % 20) ile işlem görmüş sarıçam ve kestane odununun yüzeylerine

sentetik ve poliüretan vernik uygulamıştır. Doğal yaşlandırma etkisi altında en iyi sertlik performansını sarıçam odununa uygulanan poliüretan verniğin gösterdiğini tespit etmiştir.

[148] çalışmalarında; UV ışınlarının, bazı polimerik malzemelerin (plastik ve ağaç malzeme) yaşlanmasında etkili olduğunu, yaşlandırma işleminde, özellikle sıcaklığın önemli bir rol oynadığı belirtmişlerdir. Bu durumun incelenmesi için polimerik yapıya sahip malzemelerin düşük sıcaklıklarda işlemlere tabi tutularak gözlemler yapılmasının doğru olacağını bildirmişlerdir.

[149] yaptıkları çalışmada; sarıçam ve kestane deney örneklerini yaşlandırma etkisine maruz bırakmışlardır. En fazla renk açısı değişiminin sarıçamda meydana geldiğini, kestane odununda ise renk farkının çok az seviyede olduğunu belirtmişlerdir.

[150] yaptıkları çalışmada; kayın (*Fagus orientalis* L.), sarıçam (*Pinus silvestris* L.), meşe (*Quercus petraea* L.), kestane (*Castanea sativa* M.) panel yüzeylerine sentetik, selülozik, poliüretan ve asit sertleştiricili vernikler ile sentetik beyaz opak boya uygulamışlardır. Dört değişik ağaç yüzeyine sürülen beş tür vernik–boya katmanı 45°'lik açıyla ve yüzleri güneşe bakacak şekilde 22 ay süreyle incelenmiştir. Yapılan testler sonucunda, sentetik boya haricinde diğer bütün verniklerin sertliklerinde artış gözlenirken en fazla artışın sentetik vernikte olduğunu raporlamışlardır.

[151] yaptıkları çalışmada; sarıçam ve kestane odunlarında emprenye işlemi ve vernik uygulamışlardır. Odun örnekleri açık hava şartlarında bekletilmiştir. Verniklerin yapışma mukavemetine etkilerini araştırmışlardır. En yüksek yüzeye yapışma direncinin bütün mevsimler için, poliüretan vernikli sarıçam odun örneklerinde olduğu gözlemlenmiştir. Yapışma direnci üzerine emprenye maddesinin etkili, ağaç türünün etkisiz olduğu tespit etmişlerdir.

[152] çalışmasında; farklı ağaç malzeme türlerine renklendirme ve boya işlemleri uygulamış ve yaşlandırma etkisi altında değişimlerini incelemiştir. Alman ceviz boyası, anilin boya, kimyasal boya ve eco–color boya ile renklendirildikten sonra, 72 saat süre ile Xenon ark lambası altında hızlı yaşlandırma yapılan ağaç malzemelerin, kırmızı renk değerinde önemli oranda azalma, sarı renk ve renk parlaklık değerlerinde ise artma olduğunu bildirmiştir. Deney örneklerinde UV etkisi ile renk değişimi en az sarıçamda olmuştur. Sebebini sarıçam boşluk hacimlerinin fazla olmasına, bu sebeple daha fazla boya emmesine ve pigmentlerinin UV ışınlarına dayanıklı olmasına böylelikle solma

üzerinde etkili olduğunu raporlamıştır.

[153] çalışmasında; hızlandırılmış yaşlandırma işlemi etkisi altında çeşitli denemeler yaparak, akrilik boyalar ile su çözünürlüklü akrilik latex boyaları karşılaştırmıştır. Akrilik boyaların çatlamalara karşı sürekli bir direnç gösteremediğini tespit etmiştir. Ancak su çözünürlüklü akrilik latex boyaların uzun süreli yaşlandırma etkisinde çatlak koruyuculuğunda en iyi etkiyi sağladığını belirtmiştir.

[154] çalışmasında, su çözücülü vernik ile solvent bazlı verniği farklı yöntemlerle değişik ağaç türleri yüzeyine uygulayarak; sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma dirençlerini ölçmüştür. Su bazlı verniklerin performanslarının, solvent bazlı verniklerden daha düşük olduğunu belirlemiştir.

[155] çalışmalarında; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununa pinoteks ve bir emprenye maddesi olan İmersol WR-2000 kimyasalını uygulamıştır. Odun örnekleri yüzeylerine farklı kalınlıklarda sentetik esaslı boya (Hicson decor) ve sentetik vernik uygulamıştır. Dış hava koşullarının vernik katmanlarının renginde yaptığı değişikliği tespit etmek için örneklerin yüzeylerini güneye bakacak şekilde 12 ay süre ile Ankara ilinde dış ortamda bekletmişlerdir. Sentetik verniğin kırmızı renk tonunda % 11,32 artış, renk açısında % 5,6, sarı renk tonunda % 9,8 azalma elde edilirken, Hicson Decor boyanın kırmızı renk tonunda % 6,6, sarı renk tonunda % 41,7 ve renk açısında ise % 18,8 azalmanın görüldüğünü belirtmişlerdir.

[156] çalışmalarında; su esaslı boya/vernikleri fiziksel ve kimyasal yaşlandırmaya maruz bırakmışlardır. Böylelikle boya/verniklerin yapısında iç gerilimin oluşmasına ve kırılmalıklarının artmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir. Katmanların çatlama karşı direncinin en yüksek olduğu sıcaklık derecelerinin 25 °C, 40 °C ve 60 °C olduğunu bildirmişlerdir. 80 °C, 100 °C, 120 °C ve 140 °C sıcaklıklardaki yaşlandırma sonucunda ise katmaların sertlik ölçümlerinde artış olduğunu raporlamışlardır.

[157] araştırmalarında; yüksek parlaklığa sahip poliüretan boyanın QUV tahribatını test etmişlerdir. Tahribatın ilk aşamasında boya katmanı yüzeyinde mikro deliklerin oluştuğunu yaşlandırma süresinin uzaması ile bu deliklerdeki büyümenin arttığını belirlemişlerdir. Deliklerin artışına, boyanın yüzey pürüzlülüğündeki artışın ve iç yüzey parlaklığın düşüşünün sebep olduğunu tespit etmişlerdir.

[158] yaptıkları çalışmada; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), kayın (*Fagus orientalis* L.), meşe (*Quercus petraea* L.) odun örneklerine; Alman ceviz boyası, anilin boya, kimyasal

boya ve solvent çözücülü boyalar (eco-color) uygulamışlardır. Sonra elde edilen örnekleri 72 saat süre ile Xenon ark ışınlarına maruz bırakmışlardır. Renk değişimleri incelemişlerdir. Sonuç olarak, solmada boya çeşidi ve ağaç türünü etkili bulmuşlardır. En fazla solmanın eco-color boya ile renklendirilmiş kayın odunu örneklerinde olduğunu tespit etmişlerdir.

[159] çalışmalarında, su çözücülü UV kürlenmeli PU-Akrilat verniğin 30 µm kalınlığında uygulamışlardır. Hızlandırılmış yaşlandırma sonunda verniğin sertliğinin ve parlaklığının arttığını tespit etmişlerdir. Bozunma mekanizmasında üretan (C-NH) bağlarının en fazla hassasiyeti gösterdiğini bildirmişlerdir.

[160] yaptıkları çalışmada; sarıçam deney örneklerini hızlandırılmış UV yaşlandırma uygulamışlardır. Emprenye+vernik kombinasyonlarında en düşük yapışma direnci, Tanalith-CBC (% 9) + selülozik vernikte, en yüksek yapışma direnci Tanalith-E (% 9) + sentetik vernikte (STV) elde etmişlerdir. Yaşlandırma işlemi sonunda deney numunelerinin sertlik değerlerinde önemli azalmalar olduğunu belirtmişlerdir. Yaşlandırma sonunda en yüksek sertlik değeri Tanalith-E (% 9) + su bazlı vernik (SV) ile muamele edilen deney örneklerinde 44,25 ile ulaşılırken; en düşük sertlik değeri tanalith-CBC (% 3) + STV ve tanalith-E (% 3) + STV ile muamele edilen deney örneklerinde 22,25 olduğunu tespit etmişlerdir. Emprenye işleminin deney numunelerinin sertlik değerinde artışa sebep olduğunu raporlamışlardır. Yaşlandırma sonrası, deney numunelerinin parlaklık değerlerinde düşüş gözlemlendiğini, emprenye ve vernik çeşidine bağlı olarak bazı deney örneklerinde parlaklık artışı olduğunu bildirmişlerdir.

[161] çalışmalarında; *Pinus sylvestris* ve *Pinus radiata* odun örneklerine, alkid boya (3 kat), akrilik boya (2 kat), akrilik poliüretan boya (3 kat) ve alkid vernik (3 kat) uygulanmıştır. Elde edilen test örneklerini, ISO 2810 1974 (1985) standardına göre Almanya'nın güney tarafına ve Yeni Zelanda'nın kuzey tarafına 45<sup>0</sup> olarak yatay şekilde 12 ay süre ile doğal yaşlandırmaya maruz bırakmışlardır. Doğal yaşlandırma sonrasında yüzeye yapışma direnci, renk ve parlaklık ölçümleri incelemişlerdir. Akrilik verniğine ait renk ve parlaklık ölçümlerinde azalmaların olduğunu tespit etmişlerdir.

[162] yaptıkları çalışmada; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kızılgağaç (*Alnus glutinosa* L.) Gaertn. subsp. *barbata*) odun örneklerine, ACQ 1900 % 2-3 ve ACQ 2200 % 1 - 2 (ammonium copper quat), Tanalith E 3491 % 2 - 2,8, Wolmanit CX-8 % 1 - 2 ve CCA

% 1 - 2 (chromated copper arsenate) uygulamışlardır. Çeşitli kimyasallar ile muamele edilmiş ve edilmemiş odun test örneklerini UV-A 340 lambalı (45 °C - 18 dakika su sprey - 2 saat UV ışını) bir ortamda 0, 200, 400 ve 600 saat boyunca yaşlandırma işlemlerine maruz bırakmışlardır. Yüzey pürüzlülüğü ( $R_z$ ) ve renk değişimi (CIELab,  $\Delta E^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ ) ölçümlerini yapmışlardır. Yaşlandırma sonunda yüzey pürüzlülüğü ( $R_z$ ) değeri, sarıçamda kontrol (muamelesiz), CCA % 1 - 2, ACQ 2200 % 1 - 2, Tanalith E 3491 % 2 - 2,8 ve Wolmanit CX-8 % 1 - 2 kimyasalları ile muamele edilmiş örneklerde artış, ACQ 1900 % 2 - 3 örneklerde azalış belirlenirken, kızılâğaç odunun da ise CCA % 1 - 2, ACQ 1900 % 2 - 3, ACQ 2200 % 1 - 2, Tanalith E 3491 % 2 - 2,8 ve Wolmanit CX-8 % 1 kimyasalları ile muamele edilmiş örneklerde azalırken, kontrol (muamelesiz) ve Wolmanit CX-8 % 2' li örneklerinde artışların elde edildiğini raporlamışlardır.  $L^*$  ise en düşük sarıçam ve kızılâğaç örneklerinin kontrol numunelerinde elde edilmiştir. En yüksek  $\Delta E^*$  değeri muamele edilmemiş örneklerde tespit etmişlerdir.

[163] çalışmalarında, su bazlı akrilik vernik uygulanmış, sahil çamı (*Pinus pinaster*) ve iroko (*Militia excelsa*) odunu test örneklerini, ISO 2810:1974 standardına göre 45°'lik açı ile 18 ay boyunca, ASTM G 53 (1998) standardına göre UV-B 313 nm florasan lambalarını kullanarak QUV cihazında ve ISO 11341 standardına göre Xenon 6000 arc lambalarının bulunduğu cihazda 2500 saat boyunca UV ışığına maruz bırakmışlardır. FTIR, "Macbeth Coloreye spectrocrometer" cihazında renk (CIELAB  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E^*$  ve D65 ışık kaynağı, geometri: d/8) ve "Erichsen Mini-Glossmaster meter" cihazında parlaklık testlerini incelemişlerdir. Parlaklık değerlerinde QUV ve Xenon cihazında 250 ve 500 saat süresinde yaşlandırma uygulamasında azalma görüldüğünü tespit etmişlerdir. QUV cihazından elde edilen renk varyasyonlarının Xenon cihazına göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

[164] yaptıkları çalışmada; bazı ağaç türleri üzerine tik yağı, sıvı parafin ve gomlak cilası uygulamış ve bunlar üzerinde UV ışınlarının renk değiştirici etkisini incelemişlerdir. Yağ, mum ve cila gibi ürünlerin ağaç malzemelerin rengini UV ışınlarına karşı koruyamadığını tespit etmişlerdir. En az renk değişiminin ise sıvı parafinde elde edildiğini bildirmişlerdir.

[165] yaptıkları çalışmada; imersol-aqua ile empenye işleminin bazı ağaç türü ve vernik uygulamalarının sarı renk tonuna etkisini incelemişlerdir. Sentetik, akrilik, su bazlı ve poliüretan vernikler ile kaplanan örneklerde yapılan ölçüm sonuçlarına göre,

sarı renk tonu değeri, emprenye süresi ve vernik çeşidi etkileşimi bakımından en yüksek; göknar + orta süreli emprenye + akrilik vernikte bulmuşlardır. En düşük ise; ladin+uzun süreli emprenye + su bazlı vernik etkileşiminden elde edildiğini raporlamışlardır.

[166] yaptıkları çalışmada; solvent bazlı ve su bazlı vernikleri 1, 2 ve 3 kat olarak sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarına uygulamışlardır. Elde edilen vernikli malzemeleri, 310–340 nm lambalarının bulunduğu Atlas UV2000 yaşlandırma cihazında 500, 1000, 1500, 2000 saat süreleri boyunca UV ışığına maruz bırakmışlardır. (144 saatlik yaşlandırma periyotları sonlarında malzemeler derin dondurucunun bulunduğu bir ortamda bekletilerek yeniden yaşlandırma uygulamalarının bulunduğu ortama geçilmiştir). Yaşlandırma sonlarında Konica Minolta CM-2600d cihazında (D65) renk, Rhopoint Novo-gloss meter cihazında parlaklık (20<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup> ve 85<sup>0</sup>), yüzeye yapışma direnci ölçümü ve yüzey pürüzlülüğü test ölçümleri incelemişlerdir. Sonuçlara göre renk ve yüzey pürüzlülük değerlerinde artışın olduğunu, parlaklık ve yüzeye yapışma direncinde ise azalış görüldüğünü tespit etmişlerdir.

[167] yaptıkları çalışmada; perasetik asit ile muamele edilen *Pinus radiata* odunlarını, poliüretan vernik, akrilik vernik ve su bazlı vernikler ile vernikleyerek ISO 2810-1974 (1985) standardına göre Yeni Zelanda'nın kuzey tarafına 45<sup>0</sup> olarak yatay şekilde 2001 yılı itibariyle 36 ay boyunca doğal yaşlandırmaya ortamında ve Atlas Wi65 weatherometer cihazında 3000 saat boyunca Xenon lambalarını kullanarak yaşlandırma işlemlerine (su spreyi 18 dakika) maruz bırakmışlardır. Doğal yaşlandırma sonlarında renk ölçümlerini ( $\Delta E^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $L^*$ ) incelemişlerdir. Sonuçta perasetik asit kullanılmadan uygulanan poliüretan vernik ve akrilik vernikler ile boyanmış örneklerde 3000 saatin sonunda kırmızı ve sarı renk değerinin arttığını, renk parlaklık değerinin ise azaldığını raporlamışlardır.

[168] çalışmasında; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve saplı meşe (*Quercus robur*) odunlarını kullanarak, pınar (*Quercus aucheri*), palamut (*Quercus robur*), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*) ve sarıot (*Boreova orientalis*) boyar ekstraktlarını odunun yüzeyine tutunmasını sağlamak ve boyanın rengini sabitlemek için; % 3 FeSO<sub>4</sub>, % 5 AlSO<sub>4</sub> ve % 10 sirke uygulamıştır. Boya çözeltilerini mordanlı ve mordansız olmak üzere iki gruba ayırmıştır. 75 x 150 x 5 mm boyutlarında hazırlanan deney örneklerine, fırça yardımıyla 2 kat tatbik etmiştir. Örnekler 100, 200 ve 300 saat olmak üzere hızlandırılmış yaşlandırma ortamına maruz bırakıldıktan sonra,

her periyotta renk ölçümü (ISO 2470) yapılmış, renklerde meydana gelen değişikliklerin  $\Delta E$  değerini belirlemiştir. Sonuçlara göre; kestane boyasının, mordansız olarak doğu kayın odunu deney örneklerine uygulanmasında en düşük renk değişim değerini elde ettiğini, doğal mordan olarak kullanılan sirkenin ise, kestane boyası ile sarıçam odunu deney örneklerine uygulanmasında en düşük renk değişim değerleri verdiğini bildirmiştir. Demir sülfatın ( $FeSO_4$ ) renk değişim değeri en düşük çıkan uygulamasında ise, pınar boyasının sarıçam odunu deney örneklerine tatbik edildiği uygulamanın olduğunu belirtmiştir. Alüminyum sülfatın ( $AlSO_4$ ) genellikle bütün uygulamalarda renk değişiminde en yüksek mordan türü olarak gözlemlendiğini tespit etmiştir.

[169] yapmış olduğu çalışmada; örnek yüzeyinin ısınması sonucunda sentetik esaslı cam cila verniğinin üretiminde kullanılan reçine ve mumların yapısının bozularak örnekler üzerinde kırmızı renk değerinde arttırıcı özellik gösterdiğini tespit etmiştir. Ayrıca güneşten gelen uzun dalga UV ışınlarının bir kısmı vernik dış yüzeyinden geçtikten sonra vernik film kalınlığı içerisindeki yansıma ve kırılmalardan dolayı kısa dalga UV ışınına dönüşüp vernik film yüzeyi dışına çıkamayarak yansıma ve kırılmaya devam ettiğini bildirmiştir. Bunun sonucu olarak vernik film yüzeyinde ısı artışı oluştuğunu, ısı artışının ağacın hücre çeperindeki ligninin yapısını bozduğunu, bu durumun koyulaşmaya sebep olabileceğini belirtmiştir.

[170] yaptıkları çalışmada; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve meşe (*Quercus petraea* L.) ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan selülozik, poliüretan ve akrilik vernik katmanlarının sıcak-soğuk etkisi ile hızlandırılmış yaşlandırma sonrası renk değişimlerini incelemişlerdir. Örnekler ASTM-D 1211-97 (2001) esaslarına göre önce  $50 \pm 5$  °C sıcaklıkta 1 saat bekletilmiş, daha sonra 1 saat laboratuvar şartlarında kondisyonlanmış, ardından  $-20 \pm 2$  °C sıcaklıkta 1 saat bırakılmıştır. Bu işlem 1 devir kabul edilmiş ve denemeler 20 devir tekrarlandıktan sonra meydana gelen renk değişimleri ASTM D2244-07e1 (2007)'de belirtilen esaslara göre Minolta CR231 tristimulus colorimeter cihazını kullanarak incelemişlerdir. Araştırma sonucuna göre en fazla renk değişimi vernik çeşidi düzeyinde selülozik vernikte, ağaç türü düzeyinde ise çam odununda tespit etmişlerdir.

[171] yaptıkları çalışmada; tek ve çift bileşenli su bazlı vernikleri, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), iroko (*Chlorophora excelsa*) ve anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunlarına uygulamışlardır. Bütün test örneklerini ASTM D 4587-05 (2010) ve ISO 11507 (2007) standardına göre hızlandırılmış UV yaşlandırma cihazında UV-A 340

florasan lambalarını kullanarak, 216 ve 432 saat boyunca UV ışığına maruz bırakılmışlardır. UV yaşlandırma işlemleri sonralarında test örneklerinde; parlaklık, yüzey pürüzlülüğü, renk ve yüzey sertliği değerlerini incelemişlerdir. Her üç odun türünde de yüzey sertliği ve parlaklık değerlerinin azaldığını, yüzey pürüzlülüğü ve renk ölçüm değerlerinin ise arttığını tespit etmişlerdir.

[172] yaptıkları çalışmada; kayın (*Fagus sylvatica* L.), dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.), gürgen ağacı (*Carpinus betulus* L.) test örneklerine ThermoWood yöntemine göre; 190 °C, 212 °C sıcaklıklarda ısıtma işlemi uygulamışlardır. Isıtma işlemi görmüş ve görmemiş test örnekleri yüzeylerine, su bazlı vernik, solvent bazlı poliüretan vernik ve UV ışığına karşı koruması için su bazlı nano emprenyeli vernik uygulaması yapılmıştır. Bütün örnek panelleri UV yaşlandırma cihazında UV-A 351 florasan lambalarını kullanarak, 5 cm uzaklıkta 768 saat (32 gün) boyunca UV ışığına maruz bırakılmıştır. UV yaşlandırmanın etkilerini belirlemek için, FTIR analizleri ve Microflash 100d cihazında renk (CIELAB  $\Delta E^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve D65 ışık kaynağı, 10° ve d/8°) ölçümlerine ait testleri yapılmış ve incelenmiştir. UV yaşlandırmanın etkisiyle renk parlaklık ( $L^*$ ) tonu değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Sarı renk ( $b^*$ ) tonu değerinde ise su bazlı vernik uygulanmış örneklerde azalma görülürken, poliüretan vernik uygulanmış örneklerde artış görülmüş, toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ ) değerinin ise azaldığını raporlamışlardır.

[173] araştırmalarında, sitrik asit ve sodyum-hipofosfit monohidrat (SHP) çözeltisi ile muamele edilmiş ve sadece su bazlı vernik uygulanmış kayın örneklerini, UV-A 340 lambalarının bulunduğu UV cihazında 1344 saat (56 gün) süre boyunca UV ışınlarına maruz bıraktıktan sonra yüzeye yapışma değerinde artış olduğunu, parlaklık değerinin 600. saate doğru azaldığını, 1344. saatlik periyodun sonuna doğru bu değer arttığını, toplam renk ( $\Delta E^*$ ) farkı değerinde ise 960. saate kadar arttığını, 1344. saatlik periyodun sonuna doğru ise bu değer azaldığını tespit etmişlerdir.

[174] çalışmalarında, dişbudak (*Fraxinus americana*), kırmızı meşe (*Q. rubra*) ve akçaağaç (*A. nigrum*) odunlarına, 3 kat poliüretan saten, 3 kat poliüretan parlak vernik uygulamışlardır. Vernikli ve verniksiz test örnekleri; UV 340 nm florasan lambaları bulunan UV yaşlandırma cihazında (18 dakika su spreyi, 2 saat UV ışığı altında) 1000 saat boyunca yaşlandırma işlemlerine maruz bırakılmışlardır. 0, 24, 120, 200, 450 ve 1000 saatlerine denk gelen sürelerde, ISO 2470 (1999) standardına göre 200 Reflectometer cihazında renk (CIELAB) ölçümlerini ve Hommel America Inc (Model RC 4000) cihazında ise yüzey pürüzlülüğü ( $R_a$  ve  $R_{max}$ ) ölçümlerini incelemişlerdir.

Akçaağaç ve dişbudak odunlarına uygulanan bütün vernik çeşitlerinde yaşlandırma süresinin artmasına bağlı olarak L değerinde azalmaların görüldüğünü, meşe odunu türünde ise L\* değerinin 200. saate kadar azaldığını, 1000. saate doğru artmaya başladığını tespit etmişlerdir. Dişbudak, Akçaağaç ve meşe türlerine uygulanmış bütün vernik çeşitlerinde yaşlandırma süresinin artmasına bağlı olarak  $\Delta E$  değerinin arttığını raporlamışlardır.

[175] yaptıkları çalışmada; termal yaşlandırmanın bazı ahşap verniklerin katman sertliğine etkilerini belirlemek amacıyla Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) odunlarından hazırlanan % 8 ve % 12 rutubet miktarındaki deney örneklerine sentetik (yat verniği), poliüretan ve su bazlı vernikler tatbik edilmiştir. Daha sonra deney örneklerine, 25, 50, 75 ve 100 günlük sürelerde, 25 °C, 50 °C, 75 °C ve 100 °C sıcaklık şartlarında termal yaşlandırma uygulanmıştır. Vernik katmanlarındaki sertlik değişimleri ISO 1522 (2006)'de belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. Test sonuçlarına göre % 8 rutubette poliüretan vernikle hazırlanan deney örneklerinin en başarılı sonuçları verdiği tespit edilmiştir.

[176] yaptıkları çalışmada; 4 farklı grup olarak hazırlanmış Norveç ladini (*Picea abies*) örneklerini (boyasız, boyalı, % 1 TiO<sub>2</sub> nanoparticles, % 0,5 TiO<sub>2</sub> + % 0,5 nanoclay), MHG lambalarının bulunduğu Atlas SC600 solar Simulator cihazında (4 saat su spreyi, 20 saat güneş ışını, % 100 ortalama nem ve 1 saat su spreyi, 5 saat güneş ışını, % 50 ortalama nem); 4, 10, 14, 22, 47 ve 62 gün süre boyunca yaşlandırma işlemlerine maruz bırakmışlardır. Yaşlandırma uygulamaları sonunda; Thermo Nicolet 8700 FTIR spectrometer cihazında FTIR analizlerini ve Mercury 3000 colorimeter cihazında ise renk (CIELAB L\*, a\*, b\*,  $\Delta E^*$ ) ölçümleri incelenmiştir. Yaşlandırmanın sonuna doğru boyalı örneklerde; kırmızı renk, sarı renk ve renk parlaklık (ışıklılık) değerlerinde azalmaların olduğunu, toplam renk farkı değerinde artışların olduğunu tespit etmişlerdir.

[177] çalışmasında, imersol ve Tik Yağı ile emprenye edilen odunlarda poliüretan ve sentetik esaslı cam cila verniklerinin yapışma dirençlerini incelemiştir. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sytvestris* L.) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmilleriana* Mattf) odunlarından ASTM-D 358 esaslarına göre 80x80x10 mm boyutlarında deney örnekleri hazırlanmıştır. Örnekler ASTM 1037 esaslarına göre 24, 72, 144 saat süre ile imersol Aqua ve Tik yağında uzun süreli daldırma metodu ile emprenye edilmiştir. Daha sonra deney örnekleri poliüretan ve sentetik esaslı cam cila vernikleri ile üst yüzey işlemlerine tabi tutulmuştur. TS EN 205 esaslarına göre

universal test cihazında verniklerin yüzeye yapışma dirençleri belirlenmiştir. Verniklerin yüzeye yapışma direnci en fazla tik yağı ile işlem görmüş cam cila vernikli kayın odunu örneklerinde (1,40 N/mm<sup>2</sup>), en düşük 144 saat süre ile tik yağında bekletilen poliüretan vernikli sançam odunu örneklerinde (0,34 N/mm<sup>2</sup>) bulunmuştur.

[178] yaptıkları çalışmada; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarına ASTM 1413-07el (2007) standardına göre % 3, 6 ve 9 Tanalith-E ile muamele etmişlerdir. Poliüretan sentetik ve su bazlı vernikler ile sarıçam odunlarını vernikledikten sonra 8 adet UV lambaların bulunduğu bir UV cihazında 50°C, % 50 nemli ortamda 500 saat boyunca yaşlandırma testi uygulamışlardır. ASTM-D 4541 (1995) standardına göre adhezyon testlerini yapmışlardır. % 9 Tanalith-E kimyasalına sahip su bazlı vernik uygulanmış sarıçam odunlarının yüzeye yapışma direnci değerleri en düşük değerde tespit etmişlerdir. En yüksek yüzeye yapışma direncine sahip olan örneklerin verniksiz kontrol örnekleri olduğunu rapor etmişlerdir.

[179] yaptıkları çalışmada; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), ve sapsız meşeden (*Quercus petraea* L.) hazırlanan % 8 ve % 12 rutubet miktarındaki deney örneklerine, sentetik (alkid), çift bileşenli poliüretan (üretan alkid) ve subazlı (self cross-linked polyurethane) vernikler uygulamışlardır. Daha sonra test örneklerini, 25 °C, 50 °C, 75 °C ve 100 °C sıcaklık şartlarında 25, 50, 75 ve 100 günlük süre ile termal yaşlandırma işlemine tabi tutmuşlardır. Araştırma sonuçlarına göre termal yaşlandırma yapılan tüm örneklerde, yüzeye yapışma direncinin kontrol örneklerinden daha düşük olduğu, termal işlem sıcaklığı ve süre artışının ise vernik katmanlarının parlaklık değerlerinde azalmaya sebep olduğunu rapor etmişlerdir.

[180] çalışmalarında; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarını SABBS (semitransparent alkyd-based brown stain) ve ABCV (alkid-based clear varnish) vernikleri ile vernikledikten sonra ASTM D 1641 (1981) standardına göre 5 yıl boyunca doğal yaşlandırma uygulamışlardır. ASTM D 4541 (1995) standardına göre yapılan yüzeye yapışma testleri sonucunda uzun süreli dış ortam şartlarına maruz bırakılmış örneklerde SABBS'da % 4,2 ve ABCV'de ise % 33,9 oranında bir azalmanın olduğunu tespit etmişlerdir.

[181] çalışmasında; ısıl işlem görmüş (ThermoWood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su-bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direncini belirlemek için; Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) ve

Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odunlarından hazırlanan örnekleri, ThermoWood metoduna göre 190 °C'de 2 saat ve 212 °C'de 1-2 saat süreler ile ısıtılma tabi tutmuştur. Daha sonra malzeme yüzeylerine su bazlı tek ve çift bileşenli vernikleri katman kalınlıkları birbirine yakın olacak şekilde uygulamıştır. Elde edilen malzemeleri, UV-A 340 nm florasan lambalarının bulunduğu QUV accelerated weathering tester cihazında; 144, 288 ve 432 saat süre boyunca UV ışığına maruz bırakmıştır. Yaşlandırma periyotları sonlarında; renk ( $\Delta E$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) parlaklık, yüzey pürüzlülüğü, yüzeye yapışma direnci, salınımsal sertlik ve çizilme direnci değerleri tespit etmiştir. Araştırma sonucuna göre; kullanılan su bazlı tek ve çift bileşenli verniklerin ısıtılma işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde, yaşlandırma sonrasında parlaklık, yüzeye yapışma direnci, yüzey pürüzlülüğü değerlerinde azalma, sertlik, çizilme ve renk değerlerinde ise artış olduğu belirtmiştir.

[182] çalışmasında; İroko (*Chlorophora excelsa*) odununa "ThermoWood" yöntemiyle ısıtılma işlem uygulamış ve bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. 190 °C sıcaklıkta 120 dakika süre ile ısıtılma tabi tutmuştur. Isıtılma işlem tabi tutulan test örneklerinde fiziksel özelliklerden, tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, daralma ve genişleme değerleri; mekanik özelliklerden ise, eğilme direnci, eğilme elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci değerleri belirlemiştir. Ayrıca, çalışmada kullanılan örneklerin farklı rutubetlerde sahip olduğu elektriksel dirençleri shigometre cihazı kullanılarak ölçmüştür. Hava kurusu yoğunlukta, tam kuru yoğunlukta, hacimsel daralmada, hacimsel genişlemede, liflere paralel basınç direncinde, eğilme direncinde, elastikiyet modülünde ve elektriksel dirençte meydana gelen azalma oranları sırasıyla % 7, % 4,58, % 13,2, % 19, % 15,7, % 25, % 27, % 50 olarak tespit etmiştir.

[183] çalışmasında; ısıtılma işlem ve çam reçinesinde çözülmüş doğal tanen çözeltisi ile emprenye işleminin endüstriyel ahşap doğramanın açık hava şartlarına karşı performansına etkilerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Bu amaçla işlem görmüş Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Kestane (*Castanea Sativa*) ağaçlarını kullanmış ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Konstrüksiyon olarak çift zıvana, tutkal türü olarak Poliüretan (D-VTKA) ve çift bileşenli PVAc (PVAc-D4) tutkalları kullanmıştır. Deney örneklerine Thermo S sınıfında 185 °C sıcaklığında ve su buharı koruması ile ısıtılma işlem uygulamıştır. Isıtılma işlem uygulamasından sonra, bir kısım deney örneklerine açık hava şartlarına karşı dayanıklılığı artırmak için emprenye işlemi yapmıştır. Daha sonra, tüm deney örnekleri 1 yıl süre ile açık hava şartlarında bekletmiştir. Bekleme süresinin

sonunda, örnekler üzerinde gerekli standartlara uyularak diyagonal basınç deneyi, pencere sarkma deneyi yapmıştır. Deney örneklerinden yoğunluk ve retensiyon tayini için gerekli ölçümler almıştır. Her iki ağaç türünde de ısıtım işlem uygulaması, tam kuru yoğunluğu düşük oranda azaltırken, hava kurusu yoğunluğu daha yüksek oranda azalttığı tespit etmiştir. Retensiyon miktarı ise sarıçamda 11,26 kg/cm<sup>3</sup>, kestane ise 10,96 kg/cm<sup>3</sup> olarak hesaplamıştır. Basınç performans sonuçları incelendiğinde, L-Tipi örneklerde ağaç türü bakımından en yüksek değer 4098 N olarak kestane numunelerinde, tam çerçeve örneklerde ise en yüksek değer 5273 N olarak sarıçam numunelerinde bulunmuştur.

[184] çalışmasında; uygun bir katalizör kullanılarak ısıtım işleminin ağaç malzeme üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkileri azaltmayı amaçlamıştır. Bu kapsamda sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununa azot gazı (N<sub>2</sub>) ortamında, 212 °C'de 2 saat süreyle ısıtım işlem uygulanmış olup, ısıtım işlem sürecinde üç farklı katalizör (% 50'lik NaOH çözeltisi, % 47'lik KOH çözeltisi ve KOH), ısıtım işlemi gerçekleştirilecek malzemenin kütlece % 15 ve % 30'u oranlarında kullanmıştır. Isıtım işlemi gerçekleştirilecek örneklerin kütlesine % 15 oranında KOH kullanılan deney numunelerinde, katalizör kullanılmadan ısıtım işleme göre denge rutubet miktarının % 8,7; boyutsal değişimin % 24,30 oranlarında azaldığı raporlamıştır. Eğilme direncinin ise katalizörsüz ısıtım işleme göre % 8,2 oranında arttığı belirtmiştir.

[185] çalışmasında; ithal ve yerli sarıçam odunu örneklerine iki farklı sıcaklıkta (Thermo-S için 190 °C ve Thermo-D için 212 °C) Thermowood yöntemi ile ısıtım işlem uygulamıştır. Örneklerin anatomik yapısında ve bazı fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri incelemiştir. Isıtım işlem uygulanmış ve uygulanmamış örneklerde anatomik yapı makroskopik, mikroskopik ve ultramikroskopik yöntemlerle incelenmiştir. Fiziksel özelliklerden tam kuru ve hava kurusu yoğunluk, hacim ağırlık değeri, daralma ve genişleme yüzdeleri (boyutsal değişim) belirlemiştir. Sonuç olarak; ısıtım işlem uygulamasının anatomik yapıda değişikliklere yol açtığını, ortalama yıllık halka genişlikleri ve yaz odunu tabakası genişliklerinin yerli sarıçam örneklerinde ithal sarıçam örneklerinden % 50 daha geniş olduğu ve ısıtım işleminin anatomik yapıda meydana getirdiği değişiklikler üzerinde etkili olduğunu tespit etmiştir. Isıtım işlem uygulamasının ardından tüm örneklerde makroskopik olarak yüzeysel çatlakların oluştuğu, Thermo-D uygulaması ardından 5 cm'den kalın öz odun örneklerinde iç çatlakların oluştuğu görmüştür. Mikroskopik olarak ise farklı çeper kalınlığına sahip hücrelerin karşılaştığı

alanlarda düzensiz ilerleyen çatlak oluşumları, boyuna traheid hücre çeperlerinde ve paranşim hücrelerinde bozunmalar ile aspirasyona uğramış geçitler tespit etmiştir. Isıl işlem sıcaklığının artmasıyla bağlantılı olarak, yoğunluklardaki düşüşün arttığı, daralma ve genişleme değerlerinde ortalama % 20' lik bir iyileşme meydana geldiği raporlamıştır. Hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerlerinde ortalama % 50' lik bir düşüşün olduğu belirtmiştir.

[186] çalışmasında; yerli ağaç türlerinden Kestane ve Akçaağaç, egzotik ağaç türlerinden Iroko ve Sapelli odun örneklerine farklı sıcaklık (190°C ve 212°C) ve sürelerde (1 saat ve 2 saat) ısıl işlem uygulamıştır. Sonrasında ısıl işlemin, beyaz ve esmer çürüklük ile hava koşullarına karşı dayanıklılık, renk farkı ile hava kurusu yoğunluk, tam kuru yoğunluk, genişleme, daralma, yüzey pürüzlülüğü, parlaklık gibi fiziksel özelliklerin odun örnekleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Tüm ağaç türlerinde ısıl işlem uygulaması ile fiziksel özelliklerin iyileştiği belirtmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri ısıl işlem uygulanmış örneklerde daha düşük oranda tespit etmiştir.

[187] çalışmasında; ısıl işlemin ve hızlı yaşlandırmanın ağaç malzemelerin mikrodalga frekanslardaki dielektrik özellikleri üzerine etkisi incelemiştir. Uludağ Göknarı [*Abies bornmülleriana* Mattf], Sarıçam [*Pinus sylvestris* L.], Sakallı Kızılağaç [*Alnus glutinosa* Barbata (C.A. Mey.)] ve Doğu Kayını [*Fagus orientalis* Lipsky] odunu örneklerine ThermoWood metoduyla 190 °C'de 1,5 saat ve 212 °C'de 2 saat süreyle ısıl işlem uygulamıştır. Hızlı yaşlandırma 288 saat süreyle gerçekleştirmiştir. Hava kurusu örneklerin dielektrik özellikleri (dielektrik sabiti, kayıp faktörü, kayıp tanjanı) A.Von-Hippel Dalga Kılavuzu Yöntemi kullanılarak belirlemiştir. Sonuç olarak; kontrol örnekleri ile ısıl işlem görmüş örneklerin dielektrik parametreleri karşılaştırıldığında, ısıl işlemlenmiş örneklerin daha düşük değerler verdiği raporlamıştır. Isıl işlem sıcaklığının etkisi dikkate alındığında, çalışılan tüm ağaç malzemelerde ısıl işlem sıcaklığı arttıkça dielektrik parametre değerlerinin düştüğü ve dielektrik parametrelerde meydana gelen düşüş oranlarının ağaç türlerine göre farklılık gösterdiği tespit etmiştir. Hızlı yaşlandırılmış kontrol örnekler ile 190 °C ve 212 °C de ısıl işlem görmüş örneklerin dielektrik özellikleri karşılaştırıldığında, gruplar arasında fark olmadığı belirtmiştir. Isıl işlem görmüş ve aynı zamanda hızlı yaşlandırılmış ağaç malzemelerinin kaliteleri, rutubetleri gibi özelliklerinin belirlenmesi için mikrodalga cihazlar tercih edildiğinde, ısıl işlem görmüş ağaç malzeme için tasarlanmış cihazların doğru sonuçlar veremeyeceğine dikkati çekmiştir.

[188] çalışmasında; iki farklı ısıtım yöntemi 3 farklı sıcaklık ve sürede Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) odunu örneklerine uygulamıştır. Isıtım yönteminin Uludağ göknarı odunları üzerinde meydana getirdiği bazı fiziksel ve mekanik değişimler (yoğunluk, su alma, hacimsel şişme, statik eğilme direnci, statik eğilmede elastikiyet modülü ve liflere paralel basınç direnci gibi) incelemiştir. Ayrıca, ısıtım yöntemi görmüş Uludağ göknarı numuneleri ile empenye edilmiş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) numuneleri 5 ay süre ile doğal yaşlandırmaya tabi tutmuştur. Doğal yaşlandırma deneyi sırasında belirli dönemlerde numunelerde oluşan renk ve yüzey pürüzlülüğü değişimleri gözlemiştir. Isıtım yöntemi olarak oksijenin eser miktarda bulunduğu azot atmosferinde kuru sıcaklık uygulaması kullanılmış olup bezir yağı kullanılarak 150, 180, 200 °C sıcaklık ve 2, 4, 6 saat süreler uygulamıştır. Isıtım yönteminin karşılaştırılması amacıyla empenye maddeleri olarak da her türlü etkiye karşı koruyucu özellikleri bilinen CCA ve CCB empenye maddeleri kullanmıştır. Azot ortamı ile yağlı ortamda olmak üzere iki farklı ısıtım sonuçları istatistiksel olarak karşılaştırmıştır. Sonuç olarak en iyi performansı veren ısıtım yöntemi, uygulama sıcaklığı ve süresi ile ilgili yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre: a) 200 °C'de 6 saat azot atmosferinde ısıtım uygulaması ile, b) 150 °C'de 2 saat yağlı ısıtım uygulaması sonucu odunlarda su alma, hacimsel şişme, doğal yaşlandırmada renk değişimi ve yüzey pürüzlülüğü özelliklerinin olumlu yönde olduğu sonucuna varmıştır. Buna göre, özellikle yağlı ısıtım yöntemi görmüş odunun fiziksel, mekanik, renk kararlılığı ve yüzey pürüzlülüğü özelliklerinin kontrol numunelerine göre daha iyi sonuçlar verdiği raporlamıştır.

[189] tez çalışmasında; dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) odunlarının bazı teknolojik özellikleri üzerine ısıtım yönteminin etkisini araştırmıştır. Bu amaçla benzer yetişme ortamı özelliklerine sahip ve mümkün olduğunca aynı yaşlı üç meşcere belirlemiştir. Üç meşcerenin her birinden, çatlaksız ve anormal tepe formu göstermeyen 4'er adet (toplam 12 ağaç) örnek ağaç kesilerek fiziksel, mekanik ve teknolojik testler yapmıştır. Isıtım yöntemi su buharı ortamında 120, 160, 190 ve 210 °C sıcaklıklarda 3, 6 ve 9 saat süre ile gerçekleştirmiştir. Isıtım yönteminden en fazla zarar gören hücre duvarı bileşeninin ksilan olduğu raporlamıştır. Fiziksel testlerden ağırlık kaybı ve yoğunluk dışındaki diğer özelliklerin ısıtım sonucu iyileştiği tespit etmiştir. Özellikle boyutsal stabilizasyonda % 62'lik bir artışın olduğu belirtmiştir. Mekanik özelliklerden eğilme direnci, ısıtım yönteminden olumsuz yönde en fazla etkilenen özellik olmuştur. 210 °C nin

altındaki varyasyonlarda elastikiyet modülü ve Janka sertlik değerlerinde önemli değişiklikler meydana gelmemiştir. Ancak liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve sertlik değerlerine ait azalma oranlarında, 210 °C deki tüm uygulamalarda (3, 6 ve 9 saat) tekrar artışlar saptanmıştır.

[190] çalışmasında; ağaç malzemeye uygulanan ısı işlemin üst yüzey kalite özelliklerini ve tutkal yapışma direncini nasıl etkilediğini belirlemeyi amaçlamıştır. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.), Sapsız Meşe (*Quercus petraea* Lieble.), Kara Kavak (*Populus nigra* L.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Uludağ Göknaarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) odun örnekleri, 165 °C, 175 °C sıcaklık ve 2, 4 saat süre ile ısı işleme tabi tutmuştur. Üstyüzey işlemin için örnekler, ASTM-D 3023'e göre sentetik, parke ve su bazlı verniklerle kaplandıktan sonra vernikli yüzeylerde; yüzey parlaklığı, renk değişimi, yüzey sertliği ve verniklerin yüzeye yapışma dirençleri tespit etmiştir. Yapışma direnci için hazırlanan örnekler, PVAc ve montaj Üre formaldehit tutkalı sürülmüş ve yapışma direnci belirlemiştir. Yüzey sertliği en yüksek su bazlı vernik uygulanmış 175/2 (°C/Saat) ısı işlemlili göknarda (38, 20), en düşük sentetik vernik uygulanmış 165/4 (°C/Saat) ısı işlemlili meşede (12,10) elde etmiştir. Toplam renk değişimi en yüksek sentetik vernik uygulanmış 175/2 (°C/Saat) ısı işlemlili karakavakta (60,96), en düşük su bazlı vernik uygulanmış 165/2 (°C/Saat) ısı işlemlili sarıçamda (10,95) elde etmiştir. Liflere dik parlaklık en yüksek sentetik vernik uygulanmış 175/4 (°C/Saat) ısı işlemlili sarıçamda (89,99), en düşük parke verniği uygulanmış 165/2 (°C/Saat) ısı işlemlili kayında (24,72) elde etmiştir. Liflere paralel parlaklık (//) en yüksek sentetik vernik uygulanmış 175/4 (°C/Saat) ısı işlemlili sarıçamda (94,24), en düşük parke verniği uygulanmış 165/2 (°C/Saat) ısı işlemlili kayında (25,02) elde etmiştir. Yüzey yapışma direnci en yüksek sentetik vernik uygulanmış 165/2 (°C/Saat) ısı işlemlili kayında (4,833), en düşük parke verniği uygulanmış 175/4 (°C/Saat) ısı işlemlili göknarda (0,9906) elde etmiştir. Yapışma direnci en yüksek PVAc li 165/2 (°C/Saat) ısı işlemlili kayında (13,69), en düşük montaj üre formaldehit tutkallı 175/4 (°C/Saat) ısı işlemlili kavakta (1,319) elde etmiştir.

[90] tez çalışmasında; ısı işlem sırasında açığa çıkan katranın odun koruma maddesi olarak kullanılabilirliği araştırmıştır. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) diri odun örneklerine dolu ve boş hücre yöntemine göre empenye uygulamıştır. Odun katranıyla empenye edilen örneklerden bu maddenin yıkanarak uzaklaşmasını önlemek amacıyla bezir yağı epoksitlendirilmiş ve oduna empenye etmiştir. Örnekler su alma ve boyutsal kararlılık

testi, yıkanma sularında zehirlilik testi, mantar çürüklük testi, böcek testi, liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve termogravimetrik analiz testlerine tabi tutmuştur. En düşük su alma ve teğet/radyal genişleme oranlarına epoksitlendirilmiş bezir yağı (EBY) + odun katranı kombinasyonlarında ve sadece EBY ile emprenye edilen örneklerde rastlamıştır. Yıkanma sularıyla hazırlanan besi ortamları *Coniophera puteana* mantarı için zehirli özellik göstermiştir. Test örnekleri için ağırlık kayıpları genelde % 5' in altında bulmuştur. Odun katranının odunun mekanik özelliklerinde genel olarak bir düşüş meydana getirdiği raporlamıştır. Termogravimetrik analiz sonucu; termal bozunmaya en dayanıklı grup % 10 odun katranıyla emprenye edilen örnekler olmuştur.

[191] çalışmasında; boraks ve borik asit ile emprenye edildikten sonra ısıtılma tabi tutulan Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri incelemiştir. Kayın odunundan hazırlanan deney örnekleri önce % 2,5'lük boraks ve borik asit çözeltisi ile emprenye edildikten sonra üç farklı sıcaklıkta (170 - 190 - 210 °C) ve iki farklı sürede (4-8 saat) ısıtılma tabi tutmuştur. Odun örneklerinin ağırlık kaybı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, basınç direnci ve renk değişim değerleri belirlemiştir. Isıl işlem sıcaklığı arttıkça ağırlık kaybında bir düşüş gözlemlemiştir. En az ağırlık kaybı 170 °C de ısıtılma görmüş deney örneklerinde görülürken, en yüksek ağırlık kaybı ise 210 °C de ısıtılma görmüş deney örneklerinde görülmüştür. Eğilme direnci değerlerinin, ısıtılma sıcaklığı ve süresi arttıkça düştüğü ve boraksla emprenye edilmiş deney örneklerindeki eğilme direncindeki düşüşün daha fazla olduğu tespit etmiştir. Isıl işlem görmemiş ve emprenye edilmemiş deney örneklerinin elastikiyet modülü değerlerinin emprenyelilerden daha düşük olduğu, 190 °C'ye kadar elastikiyet modülünün arttığı; ancak, 210 °C 'de önemli bir düşüşün olduğunu raporlamıştır. Emprenye işleminin basınç direnci değerini önemli oranda arttırdığını gözlemlemiştir. 190 °C'ye kadar liflere paralel basınç direncinde artış olduğu, ancak daha sonra tekrar düşüş gösterdiğini belirtmiştir. Borik asitle muamele edilmiş ve ısıtılma görmüş örneklerin boraksla muamele edilmiş örneklere oranla biraz daha yüksek değerler verdiği görülmüştür.

[192] tez çalışmasında; Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Kestane (*Castanea sativa* Mill.) odunlarına ısıtılma uygulaması ve bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Bu iki ağaç türü altı farklı sıcaklıkta (130, 145, 160, 175, 190 ve 205 °C) ve dört farklı zaman da (3, 6, 9 ve 12 saat) ısıtılma tabi tutmuştur. Fiziksel özelliklerden; denge rutubet miktarı, ağırlık değişimi, renk ve toplam renk değişimi, mekanik özelliklerden

ise, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve liflere paralel basınç direnci değerleri tespit etmiştir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak denge rutubet miktarında en fazla azalmanın sarıçam örneklerinde % 49, kestane örneklerinde ise % 51 oranında olduğu belirtmiştir. Isıl işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte ağırlık kaybının arttığı gözlemiştir. Isıl işlem süresi ve sıcaklığının artması ile eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir. Ancak, liflere paralel basınç direncinin bir miktar arttığı belirtmiştir.

[193] çalışmasında; ThermoWood yöntemiyle ısıl işlem uygulanan Avrupa ladini odununun teknolojik, fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Odun örneklerine 190 °C sıcaklıkta 90 dakika ve 212 °C sıcaklıkta 120 dakika süre ile ısıl işlem uygulamıştır. Isıl işlem görmüş örnekler kontrol gruplarıyla karşılaştırmıştır. Fiziksel özelliklerden, tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, daralma ve genişleme değerleri; mekanik özelliklerden ise, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci değerleri belirlemiştir. 190 °C sıcaklık ve 90 dakika süre için hacimsel daralmada, hacimsel genişlemede, tam kuru yoğunlukta, hava kurusu yoğunlukta, basınç direncinde, eğilme direncinde ve elastikiyet modülünde azalma meydana geldiğini raporlamıştır.

[194] çalışmasında; lamine edilmiş ağaç malzemeye uygulanan ısıl işlemin, bazı teknolojik özelliklere etkilerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Bu amaçla, Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), Sapsız meşe (*Quercus petraea* L.), Sarıçam (*Pinus sylvetris* L.) ve Karakavak (*Populus nigra* L.) odunlarından kesilmiş, 2 mm kalınlığındaki papel kaplamalar, Polivinilasetat (PVAc) D4, Poliüretan (PU) ve Melamin Formaldehit (MF) tutkalları ile yapıştırılarak 20 mm kalınlığında lamine ağaç malzeme elde etmiştir. Daha sonra bu lamine ağaç malzemelere ThermoWood yöntemine göre 185 ve 212 °C'de 2 saat, toplamda ise 38 saat süren, sıcak buhar koruması altında ısıl işlem uygulamıştır. Lamine edilmiş ve ısıl işlem uygulanmış levhaların bazı teknolojik, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için deney örnekleri hazırlanmış ve ısıl işlem ve kontrol grubu örnekleri karşılaştırmalı olarak araştırmıştır. Bu testlerin sonuçlarına göre; ısıl işleme tabi tutulan örneklerde, fiziksel özelliklerden hava kurusu ve tam kuru yoğunluklarda azalmalar meydana geldiği, % 40 oranında boyutsal stabilizasyon sağlandığı tespit edilmiştir. Mekanik özelliklerde sıcaklığa bağlı olarak direnç kayıpları gerçekleşirken, sıcaklık yükseldikçe direnç kayıpları artmıştır. Teknolojik özelliklerden sertlik değerlerinde artan sıcaklığa bağlı olarak düşüşler kaydedilirken, ısıl işlemlili örneklerin

yanma performansları genel olarak daha iyi sonuçlar vermiştir.

[195] yaptığı çalışmada; ısıtım işlem görmüş ağaç malzemelerden üretilmiş lamine panellerin ses yutma (absorpsiyon) katsayısı değerlerini araştırmış ve ısıtım işleminin ahşap lamine panellerin ses yutma katsayısı değeri üzerindeki etkisini tespit etmiştir. Paneller ve MDF' nin, bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemiştir. Sonuç olarak; ısıtım işleminin, ahşap lamine panellerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirli oranlarda düşürdüğü bununla birlikte panellerin ses yutma katsayısı değerlerini belirli oranlarda artırdığı tespit etmiştir. Isıtım işlemli ahşap panellerin mekanik özelliklerinin düşük olmasına karşın; boyutsal kararlılık ve ses absorpsiyon katsayısı değeri gibi fiziksel özelliklerindeki iyileşmeler, ısıtım işlemli panellerinin kullanım alanını genişlettiğini ve malzemenin tiyatro, opera salonları, konferans ve toplantı salonları, kapalı yüzme havuzları, spor salonları ve açık hava mekânlarında akustik tasarım materyali olarak kullanılabilirliğini önermiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. MATERYAL

#### 2.1.1. Ağaç Malzeme

Tez çalışması kapsamında araştırılmasına ihtiyaç duyulan yerli ağaç türlerinden Akkavak (*Populus alba*) ve Aksöğüt (*Salix alba*) ağaç türleri ile yabancı ağaç türlerinden Avrupa Kızılağacı (*Alnus incana*) ve Amerikan Dişbudak (*Fraxinus americana*) tercih edilmiştir.

##### 2.1.1.1. Avrupa Kızılağacı (*Alnus incana*)

Hızlı gelişen bir türdür. Sık yapılı, geniş tepelidir. 15-20 m boy yapabilir. Yaprakları 4-10 cm uzunlukta, üst yüzü koyu yeşil, alt yüzü beyazımsı gridir [196]. *Alnus incana* fakir topraklarda iyi yetişebilen ve hızlı büyüyen bir ağaçtır. Orta Avrupa'da, 1.500 metre (4,900 ft) yüksekliklerde, dağ derelerinin ve çayların yanında, alüvyon arazideki kolonilerde yetişmektedir. Yetiştirilmesi için nemli toprağa ihtiyaç duymaz ve aynı zamanda çakıl ve sığ taşlık yamaçlarda da kolonize olabilmektedir. Kuzey kesim aralığında oluşan ormanlık alanlarda, terk edilmiş alanlarda, deniz seviyesinde bulunan alanlarda ve göl seviyesinde yetişebilen bir ağaç türüdür. Bu ağaç türü bakteriler vasıtasıyla kök nodüllerinde azot bulundurabilmektedir bu sebeple zenginleştirme işlemi gereken bereketli topraklar üzerindeki ağaçlandırma işleminde kullanılmaktadır [197]. Çizelge 2.1'de Avrupa Kızılağacı (*Alnus incana*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Avrupa Kızılağacı (*Alnus incana*) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri, [198]

Hava kuru yoğunluk	0,43 gr/cm <sup>3</sup>
Tam kuru yoğunluk	0,36 gr/cm <sup>3</sup>
Eğilme direnci	88,3 MPa/m <sup>2</sup>
Basınç direnci	44,1 MPa/m <sup>2</sup>
Sertlik direnci	43 N/mm <sup>2</sup>

### 2.1.1.2. Amerikan Dişbudak (*Fraxinus americana*)

Doğu Amerika’da yetişmektedir. Kereste ve kaplama olarak kullanım yeri bulmaktadır. Kerestesi çoğunlukla yetiştirme bölgelerine göre sınıflandırılmaktadır ve Kuzey bölgesi ve Güney bölgesi dişbudağı olarak pazarlanmaktadır. Bazen renk farklılıklarına göre sınıflandırılarak beyaz dişbudak (diri odun) veya kahverengi dişbudak (öz odun) olarak satışa sunulabilmektedir. Amerikan dişbudak odunu ticari seçeneği çok olan bir ağaç türüdür. Kereste ve kaplama olarak sınıf çeşitliliği ve spesifikasyonları bulunan ticari bir türdür. “Beyaz dişbudak” *Fraxinus americana* odununun ticari adıdır [199].

Amerikan dişbudak odununun görünümü Avrupa dişbudak odununa benzemektedir. Diri odun hemen hemen beyaz denecek kadar açık renklidir, öz odun ise grimsi kahverengiden açık kahverengiye ve soluk sarı şeritli kahverengiye kadar renk çeşitliliğine sahip olabilmektedir. Amerikan dişbudak odunu genel olarak kaba tekstüre sahip ve düzgün liflidir. Açık renkli diri odun oranı ve miktarı ile odunun diğer özellikleri yetiştirme bölgelerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin, Güney bölgesi dişbudak odunu daha hızlı yetiştiği için daha fazla diri odun içerebilmektedir. Bu nedenle beyaz renk yüzdesi daha fazladır. Fakat Kuzey bölgesi dişbudak odunu ile karşılaştırıldığında daha düzgün tekstüre ve lif yapısına sahiptir [199]. Dişbudak odunu ağırlığına oranla yüksek direnç özelliklerine sahiptir. Şok direnci değeri özellikle yüksektir ayrıca buharla bükülebilme özelliği iyidir [199]. Çizelge 2.2’de Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.2. Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [199]

Yoğunluk (% 12 rutubet)	0,60 gr/cm <sup>3</sup>
Ortalama ağırlık (% 12 rutubet)	0,67 gr/cm <sup>3</sup>
Ortalama hacimsel daralma (Yaş halden % 6 rutubete kadar)	% 6,2
Eğilme direnci	103,425 MPa
Elastikiyet modülü	11997 MPa
Basınç direnci (liflere paralel)	51,092 MPa
Sertlik direnci	58,71 N/mm <sup>2</sup>

Dişbudak odununun çivi ve vida tutma kabiliyeti ve makinelerde işlenebilirliği iyidir. Üst yüzey işlemlerine çok uygun olup; vernik ve cila işlemleri sonucu güzel bir yüzey verebilmektedir. Dişbudak odunu kolay kuruma özelliğine sahiptir. İyi bir kurutma işlemi sonrası odunda boyutsal stabilite sağlanacağından çalışmasının daha az olacağı söylenebilir [199].

Amerikan dişbudak öz odunu çürümeye karşı dayanıklı olmadığı için emprenye edilmelidir ancak öz odun emprenye işlemine direnç gösterebilmektedir. Diri odun kısmı ise kolay emprenye edilebilmektedir [199].

Amerikan dişbudak odunu, mobilya yapımında, yer döşemelerinde, kapılarda, mimari içyapılarda, mutfak dolaplarında, lambri yapımında, alet saplarında, spor aletlerinde, yüksek sınıf keresteleri ise doğramalarda ve profillerde kullanılmaktadır. Görünüş açısından çok estetik bir yapıya sahiptir bu sebeple çokça kullanılır. Tüm bu özellikleriyle sektöre büyük değer katmaktadır [199].

#### 2.1.1.3. Akkavak (*Populus alba*)

Akkavak (*Populus alba*), söğütgiller (Salicaceae) familyasından olup yapraklarının altının beyaz olmasıyla tanınan bir kavak türüdür. Boyları 30 - 40 m'ye ulaşabilmektedir. Beyaz ve parlak olan dış kabukları uzun seneler çatlama gövde üzerinde kalmaktadır. Kabuk üzerinde büyük baklava dilimi şeklinde koyu renkli lentiseller bulunur. Tomurcukları yapışkan özellikli değildir ve ağaç gövdesine sarmal dizilmişlerdir. Ağacın sürgünlerine göre yapraklar farklılık gösterebilmektedir. Uzun sürgünlerin üzerindeki yapraklar parçalı ve düzensiz dişli olup alt yüzeyleri beyaz tüylerle kaplıdır. Kısa sürgünler üzerinde bulunan yapraklar ise daha küçük ve dairesel olup kenarları düzensiz ve dilimli dişlidir [200]. Çizelge 2.3'de Akkavak (*Populus alba*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.3. Akkavak (*Populus alba*) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [201]

Yoğunluk (% 12 rutubet)	0,36 - 0,44 gr/cm <sup>3</sup>
Ortalama ağırlık (% 12 rutubet)	0,44 gr/cm <sup>3</sup>
Elastikiyet modülü	8900 MPa
Janka sertlik direnci	18,20 N/mm <sup>2</sup>

#### 2.1.1.4. Aksöğüt (*Salix alba*)

Aksöğüt (*Salix alba*), söğütgiller (Salicaceae) familyasından olup 25-30 m. boya ulaşabilmektedirler. Dere kenarlarında, çayırlarda ve sulak alanlarda yetişirler. Aksöğüt adını, hızlı büyüyen genç sürgünlerde bulunan yaprakların alt yüzeyini ve tomurcuklarını kaplayan yumuşak, beyaz tüylerinden alır. Kabuğu genç odunken gri renktedir, ileri yaşlarda esmek renk almakta ve çatlamaktadır [202]. Çizelge 2.4'de Aksöğüt (*Salix alba*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.4. Aksöğüt (*Salix alba*) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri [203]

Yoğunluk (% 12 rutubet)	0,34-0,40 gr/cm <sup>3</sup>
Ortalama ağırlık (% 12 rutubet)	0,40 gr/cm <sup>3</sup>
Elastikiyet modülü	7760 MPa
Janka sertlik direnci	25,30 N/mm <sup>2</sup>

### 2.1.2. Örnek Ağaçların Temini

Çalışmada kullanılan Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) ağacı; Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Gerede de bulunan fabrikasından, Avrupa kızılbaş (*Alnus incana*) ağacı ise Bolu Abant Kavaşağında bulunan Burhan Çelik Ahşap Mamülleri San.ve Tic.Ltd.Şti.'den, yerli ağaçlardan akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) türleri ise Düzce Orman İşletme Müdürlüğü'nün farklı sahalarda yapılan çalışmaları sonucu temin edilmiştir. Ağaç malzemenin budaksız, ardaksız, büyüme kusurları bulunmayan, düzgün lifli, öz ve diri odun kısımları karışık bir halde alınmasına özen gösterilmiştir.

Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) odununun Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Gerede'de bulunan fabrikasından temin edilmesine ait fotoğraf Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) odunu (Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Gerede de bulunan fabrikası) [Foto Gürleyen].

Akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) odunlarının, Düzce Orman İşletme Müdürlüğü yardımıyla elde edilmesine ait fotoğraf Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) odunları (Düzce Orman İşletme Müdürlüğü) [Foto Gürleyen].

### 2.1.3. Vernikler

#### 2.1.3.1. Sentetik Vernik

Boya vernik endüstrisinin kronolojik gelişimi boyunca, doğal reçinelerin kuruma, katman ve uygulama özellikleri yetersiz kaldığında, üretimi gerçekleştirilen ilk sentetik reçine örneklerinde doğal reçinelerden faydalanılmıştır. Zamanla gelişen laboratuvar imkanlarında yapay reçineler ve bu reçineler ile üretilen üstyüzey malzemelerini hızlı bir şekilde çeşitlendirilmiştir [204].

“Saf sentetik (yapay) reçineler ile üretilen boya/vernikler ilk olarak plastik sanayi, otomotiv endüstrisi ile lamine elemanlarda kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Sentetik reçineler ile hazırlanan bu boya verniklerin katman özelliklerindeki gelişmişlik düzeyi ve kuruma sürelerinin kısalması kullanım alanlarının genişlemesinde etkili olmuştur.” [204].

“Günümüzde üretilen boya verniklerin hemen hemen tamamında katman yapıcı olarak sentetik reçineler kullanıldığından sentetik sistem tanımına girerler. Ancak ülkemizde sentetik sistem terimi inşaat sistemi olarak bilinir ve uygulama alanı bulur. Bina iç ve dış cephe boyaları, sıva ve diğer birçok inşaat malzemesinde sentetik reçineler bağlayıcı olarak kullanılır. Mobilya yüzeyleri, harici etkilere açık yerlerde kullanılan ahşap malzemeler ile deniz araçlarının korunması amacıyla hazırlanan boya ve vernikler sentetik sistem içerisinde yer alır.” [204].

### *Yapı ve Tanım*

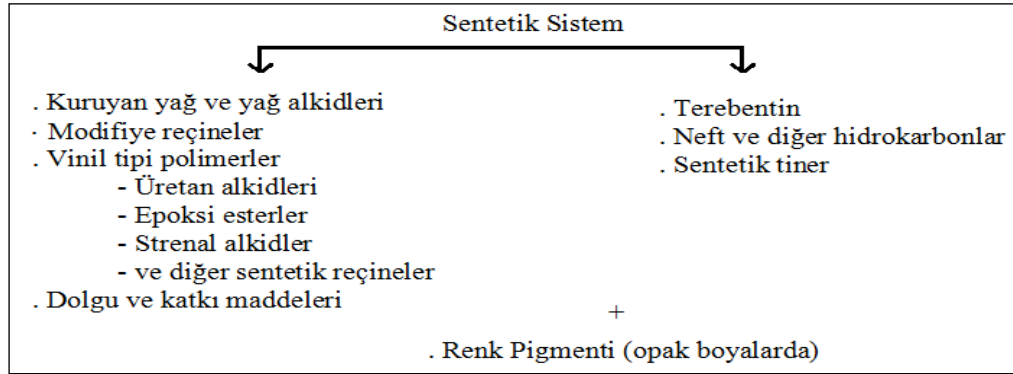
Sentetik sistemde kullanılan boya/vernüklerin ana karakteristik özelliği, bileşiminde kuruyan yağ veya yağ alkidi (yağ asidi + alkol = yağ esteri) bulundurmasıdır. İlk zamanlar boya vernük üretiminde herhangi bir değişikliğe uğramadan, olduğu gibi kullanılan kuruyan yağlar günümüzde yerini çoğunlukla yağ alkidlerine bırakmıştır. Katı bağlayıcının, % 40 ve daha yüksek oranlarda yağ içermesi durumunda uzun yağlı alkid olarak, yağ oranı azaldıkça orta ve kısa yağlı alkidler olarak isimlendirilir [204]-[206].

“Sentetik boya/vernük üretiminde yağ alkidinden başka oluşumunu tamamlamış vinil tipi polimerler (PVA, PVAC, vb) ile üretan alkidler, epoksi esterleri ve strenal alkidler de kullanılır. Bu yapay reçineler sadece modifiye amacı ile değil, bazı durumlarda ana bağlayıcı olarak da kullanılmaktadır. Sentetik sistemin gelişme sürecinde polivinil asetat polivinilklorür asetat ve vinil klorür ana bağlayıcı olarak yaygın kullanım alanı bulmuştur. Aynı şekilde fenol reçine, üretimindeki özel ısı işlemler veya katalizörünün farklılaştırılması suretiyle yağda çözünebilecek şekilde hazırlanmış olup, sentetik vernüklerde uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Günümüzde, akrilik, epoksi, üretan vb. reçineler sayesinde çeşitliliği artmış ve değişik amaçlı vernüklerin üretimi kolaylaşmıştır. Bir vernükte bunlardan herhangi birisinin ana bağlayıcı diğerlerinden bir ya da bir kaçının modifiye elemanı olarak kullanılması ve bunların yer değiştirmesi ile ürün çeşitliliği artmakta, kuruma ve katman özellikleri iyileştirilebilmektedir. Örneğin Kolofonyum reçine, fenolik ve alkid reçineler, yağlar ju birlikte sentetik mobilya vernüğinin üretiminde uzun yıllar kullanılmıştır. Buna karşın yakın geçmişte, özel tip bir fenol reçine ile üretilen vernük bot vernüği, üretan alkid ile üretilen ise yat vernüği gibi isimlerle deniz araçlarında kullanılan özel amaçlı vernüklerin üretiminde uygulama alanı bulmuştur.” [204].

“Sentetik boya/vernük üretiminde kullanılan reçineler genellikle termoplastik özelliktedir Ancak termoset yapıdaki bazı alkidler ile modifiye edilebilir. Örneğin; fenolalkid önemli bir kompozit reçine olup, termoset yapılı alkid reçine ile modifiye edilmiştir. Bazı vinil tipi termoplastik modifiye reçineleri ise vernük üretiminde daha çok renksiz ve transparent oldukları için kullanılırlar.” [204].

“Sentetik sistemde çözücü olarak terebentin gibi çözücülerin yanı sıra petrol ve diğer hidrokarbonlar geniş kullanım alanı bulur. Buna göre sentetik sisteme ait

boya/vemiklerin esas bileşenleri ve genel yapı şeması Şekil 2.3'deki gibi oluşturulabilir.” [204].



Şekil 2.3. Sentetik sistemin yapı şeması [204].

“Buna göre, sentetik vernik, “Yapay reçineler ile modifiye edilen kuruyan yağlar ve alkidlerinin terebentin, neft ve hidrokarbon grubu sıvılardaki çözeltisidir şeklinde tanımlanabilir. Sentetik boyalar (opak), bu sistemin pigmentlenmiş şeklidir.” [204].

#### *Kuruma Özellikleri*

“Sentetik sisteme ait boya/vemiklerin kuruma/sertleşme mekanizması ağırlıklı olarak, üretiminde kullanılan kuruyan yağ ve yağ alkidinden dolayı oksidasyon reaksiyonuna göre bulmuştur. Kuruma aşamasında oksidasyonun yanı sıra çözücünün de buharlaşması gerekir. Çözücü olarak kullanılan hidrokarbonlar nitrolu sıvılara göre daha yavaş buharlaşırlar. Bunun yanı sıra oksidasyonda aynı şekilde yavaş gelişir. Bu sebeple, sentetik sistemde kuruma/sertleşme süresi diğer solvent çözücülü sistemlere göre daha uzundur. Kurumanın ilk evrelerinde solvent buharlaşması daha etkilidir. Jel aşaması ve kurumanın diğer aşamalarında oksidasyon da kuruma süresinin kısalmasına yardımcı olur.” [204].

“Film bileşeni olarak kullanılan diğer reçinelerde sertleşme farklı şekillerde gelişir. Örneğin oluşumunu tamamlamış vinil tipi polimerler kuruyan yağ ile birlikte kullanılmış ise, vinil reçine çözücü buharlaşması ile sertleşirken, kuruyan yağ oksidasyon sonucu sertleşir. Bu durumda aynı katmanda molekül dönüşümlü ve molekül dönüşümsüz iki eleman bir arada kullanılmış olur. Bu tür katmanlar kuvvetli bir solvent etkisinde kaldığında vinil reçine molekülleri yumuşar, genişler ve şişer. Buna mukabil kurumuş yağ katmanı (linoksin) dönüşümsüz olduğu için bir değişikliğe uğramaz ve sonuç olarak katmanda kırışmalar olur.” [204].

“Kuruyan yağ veya yağ alkidinin modifikasyonunda kullanılan diğer polimerik reçineler de (üretan, epoksi vb.) kuruma mekanizmasını değiştirici etkide bulunabilir. Ancak genellikle görülen etkin kuruma şekli çözücü buharlaşmasının yanı sıra oksidasyondur.” [204].

Uygulama ortamının sıcaklığının 18-20 °C olması sağlanmalı ve 5 °C’den düşük sıcaklıklarda uygulama yapılmamalıdır. Ortam sıcaklığının artırılması çözücü buharlaşmasını hızlandırıcı etki yapmaktadır. Toz tutmazlık kuruması 3-4 saat, dokunma kuruması 24 saat, tam kuruma 3-4 günde tamamlanır [204], [207].

#### *Katman Özellikleri ve Uygulama Alanları*

“Bileşiminde bulunan kuruyan yağdan dolayı sentetik boya/vernük katmanları su itici özelliktedir. Bu sebeple daha çok dış hava şartlarına açık yerlerde kullanılan ahşap mobilya ve dekorasyon elemanları ile deniz araçlarına uygulanır. Formülasyonda kuruyan yağ ve yağ alkidlerinin fazlaca kullanıldığı durumlarda esneklik artar, katman sertliği azalır. Katman esnekliğinin artması, ağaç malzemenin hacim değişikliklerine uyum sağlamasını kolaylaştırıp çekme-şişme toleransını artırarak katmanın çatlamasını engeller. Ancak sertliğin azalması mekanik etkilere karşı direnci azaltır. Bu durum arzu edilmediği için boya/vemük üretici firmalar modifiye işlemi ile sertliği artırıcı formülasyonlara önem verirler.” [204].

“Sentetik reçinelerin birbirleriyle uyumlu oldukları sürece, birlikte sınırsız kullanım imkanı vardır. Formülasyona katılan her bir reçine katmana farklı özellikler kazandırır. Bunların tür ve miktarı değiştirilerek her seferinde farklı katman özelliklerinde boya/vernük üretilebilmektedir. Örneğin; ana reçine veya modifiye elemanı olarak kullanılan vinil klorür dış hava şartlarına ve kimyasallara dayanıklı olduğu için kimya endüstrisinde kullanılan makine, alet ve ekipmanlarının boyanmasında kullanılır. Ayrıca kolay yanmaması önemli üstünlüğüdür. Polivinil klorür asetat, ısıya, ışığa dayanıklı, fazla esnek, eğilip bükülebilen katmanlar verir. Bu özellikleri ile motor bobinaj sargı tellerinde izolasyon verniği olarak kullanılır. Üretan alkidler ve epoksiler ile modifiye edilen türleri iskele ayakları, baraj kapakları ve deniz araçlarında kullanılmaktadır. Bu vernükler esnek ve yeterli sertlikte olup böcek, midye vb. biyolojik etkenlere karşı koruyucu kimyasallar ile takviye edilmek suretiyle de kullanılabilir.” [204].

Termoplastik yapıda olanlar sıcaklık etkisine maruz kaldıklarında sertliğini koruma yönünde yeterli direnci gösteremezler. Araştırmalar harici kısımlarda kullanılan bazı

sentetik boya/vernük katmanlarının sertliğinin yaz aylarında azaldığını göstermektedir [146], [204].

“Opak boyalar formülasyonunda yer alan pigmentler nedeniyle dış hava şartlarına özellikle güneş ışınlarına karşı daha dayanıklıdır. Pigmentler güneşin bozucu kısa dalga boylarındaki ışınları emme yeteneğinde olup, ağaç malzemedeki suyun buharlaşmasını ve oluşacak buhar basıncı ile katmanın çatlamasını azaltıcı etkide bulunurlar. Bu özellik harici kısımlarda kullanılan ahşabın korunması bakımından önemlidir.” [204].

“Avrupa ülkelerinde uzun zamandan beri uygulanan ve son zamanlarda ülkemizde üretilen renksiz dış cephe vernüklerine katılan, güneş ışınlarındaki UV dalga boylarını emme veya geri yansıtma kabiliyetindeki pigmentler sayesinde şeffaf (transparent) katmanların da dayanıklılığı artırılmıştır.” [204].

“Buna göre, sentetik sistem boya/vernüklerin daha çok harici kısımlarda kullanılan mobilya ve dekorasyon elemanları ile iç dekorasyonda su ve nem etkisinde kalan mobilyalarda kullanılması uygun olur. Ayrıca deniz araçları ve su ile direk teması olan iskele ayağı vb yerlerde tercih edilir.” [204].

#### *Ağaç malzemenin uygulamaya hazırlanması*

“Her tür ağaç malzeme yüzeyine sürülebilir. Bileşiminde bulunan yağ ve yağlı bileşiklerden dolayı açık renk ağaç malzeme yüzeylerinde hafif sararma yapabilir. Uygulama öncesinde ağaç malzeme perdah kurallarına uygun şekilde işlem görerek vernüklemeye hazır hale getirilmelidir. Yüzeydeki reçine, kir, yağ vb. ile tamirat amaçlı uygulamalarda eski boya ve vernük kalıntıları iyice temizlenmiş, yüzeylerdeki tozlar alınmış olmalıdır.” [204].

#### *Vernüğün uygulamaya hazırlanması*

“Sentetik vernükler genellikle ambalaj viskozitesinde uygulamaya hazır haldedir. Ancak ilk dolgu katlarının tatbikinde ve püskürtme tabancası ile uygulamalarında tiner kullanılarak % 15 - 20 oranında inceltilmelidir. Vernüğün uygulamaya hazırlanışı kolaydır. Tiner katılımı yapılmış ise çözelti iyice karıştırılmalıdır. İnceltmede kullanılacak tiner, firma önerilerine uygun olarak seçilmelidir. Fırça ve rulo uygulamasında ağaç malzeme yüzeylerine tek katta 80-100 g/m<sup>2</sup> hesabıyla tatbik edilir. Sentetik boyalar uygulamaya hazırlanırken ambalajında iyice karıştırılarak, tabana çökmesi ihtimali olan pigmentlerin çözeltide homojen dağılımı sağlanmalıdır.” [204].

### *Sürme araçlarının hazırlanması*

“Sentetik boya/vernükler için en uygun sürme aracı fırça ve rulodur. Boya/vernüğün düzgün şekilde dağıtılabilmesi ve dengeli katman oluşturabilmek için fırçanın orta sert yada sert kıllı olması gerekir. Fırça temiz ve bakımlı olmalı, kılları dökülmemelidir. Fırça, işlem bitiminde vernüğün çözücüsü ile iyice temizlenmeli ve uygun bu saklama sıvısında muhafaza edilmelidir.” [204].

“Sentetik boya/vernüğün püskürtme tabancası ile uygulanması uygun değildir. Kuruma süresi uzun olduğu için havada yaş halde uçuşan sentetik boya vernük zerrecikleri çalışan kişinin el yüz, saç vb. giysi ile kapatılamayan açık yerlerine konarak yapışkan etki yapar ve rahatsızlık verebilir. Ayrıca, tabanca ucundan çıkışta atomize olan vernük zerrecikleri havanın oksijeni ile çevrelenerek kısmen okside olabilir. Bu halde yüzeye gittiklerinde kısmen okside olmuş bu moleküller kohezyonu azaltıcı etki yapabilir.” [208].

“Buna mukabil, hızlı kurumalı sentetik vernükler iyi havalandırma yapmak koşulu ile püskürtme tabancası ile de uygulanabilir.” [204].

### *Uygulamanın yapılışı*

“Sentetik vernüklerin uygulanışında ilk olarak ağaç malzemeyi doygun hale getirerek vernüğün gereksiz yere emilmesini önlemek ve biyotik zararlılara dirençli hale getirmek için tahta koruyucular ile astar kat uygulaması yapılır. Daha sonra yüzeylere 2-3 kat vernük uygulanır. Uygulama yapılırken iş parçaları tozsuz bir ortamda, mümkün olduğu kadar yatay konumda tutulmalı ve kurumanın ilk aşamalarında konumu değiştirilmemelidir. Vernük uygulamasında, ağaç malzeme boşluklarının doldurulmasına yardımcı olmak için ilk katta akışkanlığı az, orta ve son katta düzgün yüzey elde edebilmek için akışkanlığı fazla vernük kullanılmalıdır. Tüm katman kalınlığı 100-120 µ olduğunda yeterli kabul edilir.” [204].

“Sentetik boya uygulamalarında yüzeye ilk olarak gözenek doldurma yeteneğindeki astar boyalar sürülür. İyice kurutulan astar katı 180-220 numaralı zımpara ile zımparalanarak kabaran ağaç lifleri alınır. Daha sonra macunlanan yüzeyler kuruduktan sonra 220-240 numaralı zımpara ile (kuru olarak) tekrar zımparalanır ve yeniden astarlanır. Astar kat yeniden 280-320 numaralı zımpara ile zımparalandıktan sonra yüzeylere en az iki kat son kat boya uygulanır. Tam olarak kurutulan yüzeyler arzu edilirse özel parlatma işlemi ile parlatılır.” [204].

### 2.1.3.2. Su Bazlı (Çözücülü) Sistemler

“Boya-vernük üretiminde çözücü olarak genellikle solventler kullanılmaktadır. Birçok Avrupa ülkesinde çevre koruma ve insan sağlığına verilen önem artıkça solvent kullanımı azalmaya başlamış ve bu konudaki zorlamalar artmıştır. Çözüme yardımcı olmak üzere yapılan hukuki düzenlemeler boya-vernük üretiminde su çözücülü polimerlerin kullanımını hızlandırmıştır. Aslında su çözücülü sistemler boya olarak uzun zamandan beri bilinmekte ve kullanılmaktadır. Akrilik emülsiyon polimerleri ya da akrilik lateksler olarak tanıtılan bu boyalar daha çok inşaat sistemlerinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Bu boyalar inşaat sistemlerinde yaygın kullanım alanı bulurken, benzer sistemler suyun ağaç ve metal malzemeler ile uyumlu kullanılamayacağı endişesini doğurmuştur. Bunun sonucu olarak su çözücülü sistemlerin metal ve ağaç işleri sektörlerine girişı ve gelişmesi oldukça yavaş olmuştur. Sistemin ağaç işleri sektörüne girişini güçleştiren sebepler, ilk zamanlarda kullanılan örneklerinin ağaç malzemede lif ve doku kabarmasına sebep olması, tamir bakım imkânlarının az oluşu ve mobilya fabrikalarının cila hatlarındaki kurutma kabinlerinin metal kısımlarının su buharı etkisiyle paslanabileceği endişesinden kaynaklanmıştır.” [204].

Sadece ağaç işleri endüstrisinde kullanılan kadarı ile solvent çözücülü boya-vernüklerin kullanımından kaynaklanarak atmosfere salıverilen organik esaslı uçucu bileşiklerin (VOC) önemli miktarlarda olduğu düşünülürse, su çözücülü sistemlerin önemi kendiliğinden ortaya çıkar. Konu ile ilgili olarak, Avrupa’da boya-vernük üreticileri, kullanıcıları ve çevre korumacılar 1979 yılında su çözücülü sistemlere en kısa zamanda ve mutlaka geçilmesi hususunda görüş birliğine varmışlardır [204], [209].

Su ile çözünen reçinelerin en önemlilerinden birisi olan akrilik kopolimerler ağaç işlerinde kullanılabilir özelliklerde üretilebilmektedir. Şu anda ülkemizdeki ticari etkinlikleri fazla olmasa da önümüzdeki yıllarda kullanımının çok fazla yaygınlaşacağı söylenebilir. Örneğin; Almanya’da 1990’lı yılların başından beri çıkartılan kanunlar ile getirilen kısıtlamalardan sonra çevre dostu ürünlerin kullanımında hızlı bir artış olmuştur. 1990-1994 yıllarında solvent çözücülü boyaların tüketim miktarı % 40’ tan %31’ e gerilemiştir [204], [210].

Su çözücülü sistemlerin solvent çözücülü sistemlere göre, yüzey gerilimini azaltma, pigment ıslatıcılığını artırma, köpüklenmeyi azaltma ve emülsiyon yapıcı maddeleri kontrol altında tutma gibi konularda sorunları bulunmaktadır. Buna karşın bazı

reçinelerin karışabilirliği ve birlikte kullanılması gibi, solvent çözücülü sistemlerde çok defa mümkün olmayan üretim esneklikleri ve imkânları vardır. Örneğin solvent çözücülü sistemlerde polyester-akrilik reçine karışabilirliği söz konusu olmaz iken su çözücülü sistemlerde bu mümkün olabilmektedir. Bundan başka, su çözücülü sistemlerde bileşime katılan bazı katkı maddeleri ile kuruma zamanı kısaltılabilmektedir. Örneğin zirkonyum alkid su bazlı sistemlerde kuruma zamanını kısaltır. Aminlerin bu amaçla kullanılması sakıncalı olabilir. Zira nötrleştirilmeyen amin artıkları ile okside olma özelliğindeki katkı maddeleri sararmaya sebep olur [204], [211].

Su çözücülü sistemlerde esas çözücü "Su" olmakla birlikte katman yapıcı olarak kullanılan reçineler su ile tam olarak çözünemediğinden yardımcı solventlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulur. Bu sistemde kuruma mekanizması suyun buharlaşması esasına göre kurulu olup, su genellikle yardımcı solventlerden önce ayrılır. Kuruma aşamasında katmandan en son ayrılan solvent önem taşımaktadır. Çünkü karşılaşılması muhtemel birçok katman kusuru bu son ayrılan solventin özelliklerine bağlı olarak giderilebilir. Başlangıç kuruması da yine yardımcı solventler tarafından belirlenir ve genellikle kurumayı yavaşlatmak üzere yardımcı solvent olarak, glikol eter, dietilen glikol, monobutil eter, diaseton alkol ve butoksi etanol kullanılır [204], [210].

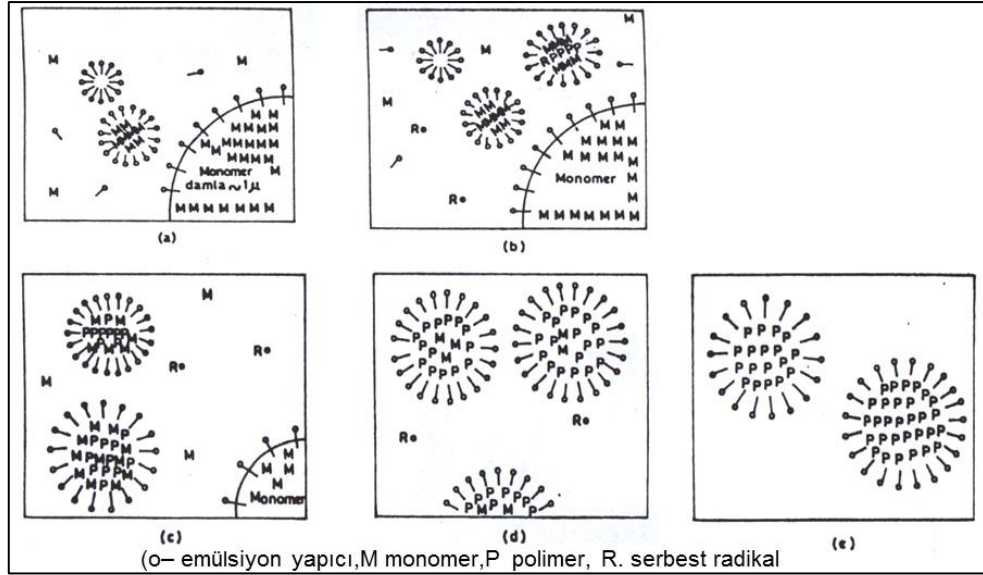
"Uygulama ortamının bağıl nemi yüksek olduğunda, suyun buharlaşması zorlaştığı için yardımcı solventler daha önce ayrılır. Hâlbuki yardımcı solventlerin yayılmayı kolaylaştırma, bileşenlerin homojen karışımını sağlama ve devam ettirme gibi önemli katkıları vardır [212]. Yardımcı solventlerin seçiminde hata yapıldığı veya olası kusurlu oluşumların önüne geçmek için gerekli önlemlerin alınmadığı durumlarda katman özellikleri bozulur, film karakteristikleri zayıflar, çatlak, mat ve donuk katman oluşumları görülebilir." [204].

Su çözücülü sistemlerde kullanılan reçinelerde hidroksil (-OH) ve karboksil (-COOH) fonksiyonellikleri vardır. Katman yapıcı olarak, suda çözünen akrilik, poliüretan, polyester ve bazı alkid reçineler tek olarak veya modifikasyon amacı ile birkaçı birlikte kullanılmaktadır. Kuruma reaksiyonları genel hatları ile iki molekülün kaynaşması veya iki parçaya ayrılmış elemanların iyonları arasında bağ kurulması (Hidroliz) şeklindedir. Bu nedenle solvent çözücülü sistemlerden farklıdır [210]. Polimerizasyon reaksiyonlarının kullanımı genellikle "Çözelti ve Emülsiyon" polimerizasyonu şeklindedir [204].

“Çözelti Polimerizasyonu: Bu polimerizasyon türünde, kullanılan katman yapıcı monomer yapıda olup sulu ortamda 0,01-0,5 mm çapında damlacıklar halinde dağıtılır. Bileşime reaksiyon durdurucu (stabilizatör) katıldıktan sonra mekanik karıştırma işlemi ile damlacıkların birleşmesi engellenir. Reaksiyon durdurucu olarak metil selüloz, polivinil alkol gibi suda çözünen organik polimerler ile kaolin, magnezyum silikat, alüminyum hidroksit gibi suda çözünmeyen inorganik bileşikler kullanılır [213]. Polimerizasyonun başlatıcısı çözeltinin bileşiminde olup, monomer damlalarında çözünmüş haldedir. Bu sebeple, her monomer damlası küçük bir kütle polimerizasyon sistemi gibi davranır.” [204].

Emülsiyon polimerizasyonu: Çözelti polimerizasyonundan farklıdır. Bu polimerizasyon türünde, öncelikle suda çözünmeyen bir monomerin emülsiyon halinde suda dağıtılması gerekmektedir. Örneğin; kauçuk bitkisine benzer bitkilerin öz suları (lateks) bir tür doğal emülsiyondur. Kauçuk öz suyunda, poliizopren tanecikleri su içerisinde süt gibi kolloidal dispersiyon şeklinde dağılmış ve bu yolla doğal proteinler (emülsiyon yapıcı) kullanılarak taneciklerin pıhtılaşması önlenmiştir. Polimerizasyonlarda çözücü olarak genellikle su kullanılır. Monomerler emülsiyon yapıcı bir madde ile sulu ortamda dağıtılmış haldedir. Polimerizasyonun başlatıcısı da suda çözünen bir madde olup genellikle redoks reaksiyonları ile aktif hale geçer. Emülsiyon yapıcı yüzey aktif bir maddedir ve molekül yapısında su itici (hidrofobik) ve su çekici (hidrofilik) gruplar bulundurur [214]. Emülsiyon reaksiyonu mekanizmasında bu temel bileşenlerin yanı sıra molekül ağırlığını denetlemek üzere merkaptan katılır [204].

“Bu tür polimerizasyonlarda, emülsiyon yapıcı maddenin moleküllerinin büyük bölümü "misel" denilen küçük kolloidal tanecikleri oluşturmak üzere toplanırken, küçük bir bölümü suda moleküler halde çözünür. Her misel 50-100 emülsiyon yapıcı molekülden oluşur ve boyları yaklaşık olarak 1000-3000 Å çapları ise 1-0,3 µ' dur. Misellerin sayısı, kullanılan monomer ile emülsiyon yapıcı miktarına bağlıdır. Emülsiyon reaksiyonu mekanizması Şekil 2.4'de gösterilmiştir.” [204].



Şekil 2.4. Emülsiyon polimerizasyonunun aşamaları; (a) başlamadan önce, (b) polimerizasyonun başlaması, (c) polimerizasyonun sürdürülmesi tüm miseller tükenmiş, (d) monomer damlaları tükenmiş, (e) polimerizasyonun sonlanması [204], [215].

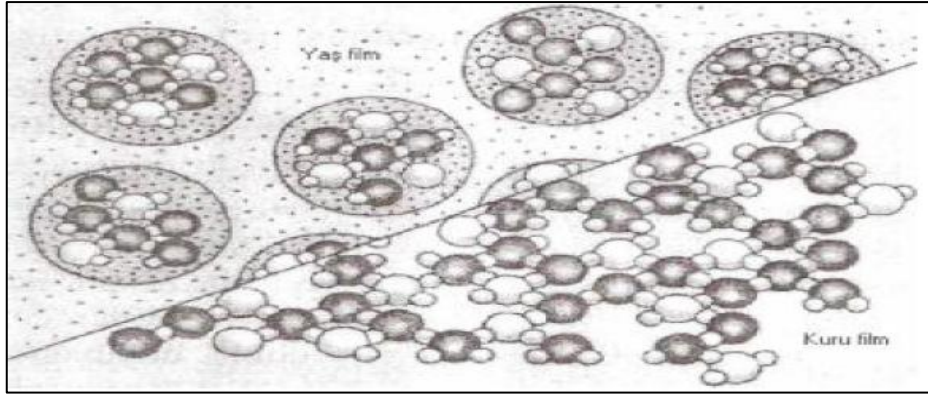
“Miseli oluşturan bir molekülün hidrokarbon ucu miselin içine, iyonik uçları ise dışa bakacak şekilde düzenlenmiştir. Suda az çözünen veya çözünmeyen bir monomer sisteme katıldığında monomerin küçük bir kısmı suda çözünürken küçük bir bölümü de miselin içine girerek hidrokarbon gruplarının bulunduğu bölgeye yerleşir ve misel şişkin bir hal alarak büyür. Bir miselde 200 - 1000 monomer bulunduğu anda bile polimerizasyonun derecesi düşük kabul edilir. Yüksek polimerlerin elde edilebilmesi için, misel içinde büyüyen polimer zincirinin aktif noktalarına daha fazla monomer toplanması gerekir [214]. Monomerin büyük bölümü ise "Monomer Damlaları" halinde dağılır. Bu damlaların büyüklüğü karıştırma işleminin şiddetine bağlıdır. Emülsiyon yapıcı moleküller Şekil 2.4 (a)'daki gibi monomer damlalarının yüzeyinde emilir ve stabilizatör etkisi göstererek emülsiyonun bozulmasını önler. Reaksiyon başlatıcı suda çözülmüş haldedir ve serbest radikal üreterek reaksiyonu hızlandırır.” [204].

“Bunlara göre emülsiyon polimerizasyonu mekanizması şu şekilde açıklanabilir. Sistemde üç değişik tanecik bulunur. Bunlar; monomer damlaları, aktiflenmemiş miseller ve aktif haldeki misellerdir. Bir reaksiyon başlatıcının (serbest radikal) misel içerisine difüzyon yolu ile girmesiyle misel aktiflenir ve reaksiyon başlar (Şekil 2.4 - b). Polimerleşmenin sürdürüldüğü taneciğe ikinci bir radikalın girmesi halinde reaksiyon hızlanır ve çok kısa sürede sonlanır. Bu duruma göre, ikinci bir radikal girinceye kadar tanecik polimerizasyon sürecinde durağan bir dönem geçirir ve ikinci radikalın girmesi

ile reaksiyon yeniden başlar. Durgun ve aktif geçen sürelerin toplamı yaklaşık 10 saniyedir. Polimerizasyonun başlangıcında misellerin yaklaşık 1/1000' i aktiflendiğinde ve monomerlerin çok küçük bölümleri polimerleştğinde emülsiyonda değişiklik görülür. Aktiflenmiş miseller çözeltideki emülsiyon yapıcı molekülleri yüzeylerine emerek büyürler. Bu arada çözeltideki emülsiyon yapıcı madde miktarı gitgide azalır ve "Kritik Misel Konsantrasyonu (KMK)"nın altına düşer. Misellerin oluşması ve sürekli kalabilmesi için KMK'nın korunması gerekir." [204].

"Emülsiyon yapıcı maddenin sudaki konsantrasyonu bu kritik değerin altına düşerse, aktiflenmemiş miseller kararsız hale geçer ve suda dağılarak çözünürler. Bu arada aktif misellerin reaksiyon süresince daha fazla büyüdükleri görülür. Bu tanecikler zamanla misel olmaktan çıkarak birer "Polimer Taneciği" oluştururlar. Gerçekte bu tanecikler monomerler ile şişirilmiş polimer tanecikleridir. Polimerizasyonu başlatan serbest radikallerin ulaşamadığı diğer miseller çözünüp kaybolur ve sonuç olarak emülsiyon yapıcı maddenin tümü polimer taneciklerinin yüzeylerinde emilmiş olur (Şekil 2.4-c)." [204].

"Polimerizasyon, polimer taneciklerinin içinde homojen olarak sürdürülür. Bu tanecikler içinde monomer konsantrasyonu sabit kalır. Çünkü damlalardan difüzyon yolu ile geçen monomer, polimer taneciklerini sürekli olarak besler. Polimerizasyon süresince polimer taneciklerinin sayıları sabit kalır. Polimer taneciği büyürken monomer damlaları küçülür. Polimerleşme % 50 - 80 olduğunda ise monomer damlaları tükenir. Sistemde oluşan polimer taneciklerinin sayısı başlangıçtaki misellerin sayısına, yani ortama katılan emülsiyon yapıcı maddenin konsantrasyonuna ve radikal üretim hızına bağlıdır. Polimerizasyonda yaş ve kuru filmde molekül dizilişlerinin sembolik görünüşü Şekil 2.5'deki gibidir." [204].



Şekil 2.5. Emülsiyon polimerizasyonunda yaş ve kuru filmde molekül dizilişleri [204], [213].

Emülsiyon sisteminde başlatıcı olarak suda çözünen bileşikler kullanılır. Bunlar yüksek sıcaklık etkisi veya redoks reaksiyonları ile parçalanarak serbest radikal üretirler. Örneğin stiren monomerlerin aktif hale geçebilmesi için 8000 kalorilik enerji gereksinimi vardır. Diğer taraftan daha düşük enerji kullanarak reaksiyon hızının artırılabilmesi için monomer dizilişlerinin düzenli olması gerekir [214]. Organik peroksitler yüksek sıcaklıklarda parçalanabildikleri gibi indirgen bir madde ile birlikte redoks sistemi ile de parçalanabilmektedir. Redoks sisteminde persülfat demir II ve hidroperoksit-demir II en fazla kullanılan indirgenlerdir [204], [215].

Bu sistemde emülsiyon yapıcı maddenin seçimi polimerizasyon bakımından önemlidir. Emülsiyon yapıcı öncelikle monomer ve su fazları arasında kararlı bir emülsiyon oluşmasını sağlamalı, daha ileri aşamalarda ise bu kararlı çözeltide polimer taneciklerinin oluşmasına yardımcı olmalıdır. Emülsiyon yapıcılar yüzey aktif maddeler olup, bu amaçla alkil sülfat, alkilaril sülfanot ve fosfat gibi anyonik maddeler ile polivinil alkol ve polietilen oksit türevleri gibi iyonik olmayan maddeler kullanılır [204], [215].

#### *Su Çözücülü Boya / Verniklerin Genel Özellikleri*

“Bu sisteme ait boya/vernikler katman yapıcılarının özelliklerine bağlı olarak farklı kuruma, katman ve uygulama özelliklerine sahiptir. Ağaçşleri endüstrisinde kullanılmak üzere hazırlananların henüz geliştirme çalışmaları son şeklini almadığı için, özellikleri ile ilgili kesin bilgiler vermek yanıltıcı olabilir. Günümüzde su çözücülü boya/verniklerde katman yapıcı olarak poliüretan, polyester, akrilik ve bazı alkid reçineler tek başlarına veya birlikte kullanılmaktadır. Bu reçineler termoplastik ve termoset olarak iki farklı yapıda olup boya/verniklerin katman, kuruma, uygulama ve

diğer özelliklerini bu reçinelerin çeşit, form ve formülasyonunda kullanılan maddelerin miktarları belirlemektedir. Örneğin; su, solvent çözücülü poliüretan sistemlerin reaksiyonunda istenmeyen bir unsur olup, izosiyanat ile reaksiyona girerek üre oluşumuna sebep olur ve poliüretan reçinenin sertleşme reaksiyonu durur. Buna karşın su çözücülü poliüretan sistemlerde, su ve izosiyanat karbonik asit oluşturmak üzere reaksiyona sokulur, daha sonra bu asitin hızla kompozisyonu bozularak karbondioksit ve amine ayrışır. Amin diğer izosiyanat grubu ile reaksiyona girerek poliüre oluşturur ve kurumayı tamamlayıcı reaksiyonu başlatır. Su çözücülü poliüretan sistemlerde, NCO/OH değeri kuruma zamanını, zımparalanma yeteneğini, açık süreyi, katman sertliğini ve kimyasallara direnci belirler.” [204].

“İngiltere’den ithal edilerek ülkemizde pazarlanan ve ağaç malzeme yüzeyleri için hazırlanmış bir su çözücülü vernikte “Akripol” reçine kullanıldığı belirtilmektedir. Verniğin üretiminde kullanılan reçine polimerleri 1 °A büyüklüğünde küresel tanecikler halinde olup, sertleştirici olarak polifonksiyonel azerdine (bir izosiyanat türü) kullanılmıştır. Bu haliyle kullanılan reçine termoset yapılı, vernik ise reaksiyon kurmalıdır. Ağaç malzeme yüzeyine uygulandıktan sonra hava ile temasa geçtiği andan itibaren moleküller kübik şekle dönüşmeye başlamakta ve kenarlar yumuşayıp polarik çengel gibi uzantılar oluşturmaktadır. Bu çengeller yardımı ile moleküller birbirlerini çekmekte ve su buharı dışında hiçbir şeyin geçişine müsaade etmeyen küpler oluşturmaktadır [216]. Bu verniğin test raporları ile desteklenmiş katman özelliklerinde, çevre dostu ve ISO 9000 kalite belgesine sahip olduğu, su, ışık, mantar ve mikroorganizma etkilerine, BS 476 sınıf 1’e göre ateşe, % 25’ lik sülfürik asite, % 36’ lık hidroklorik asite, % 47’ lik sodyum hidroksite, % 80’ lik laktik asite ve tuzlu suya dayanıklı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, anti statik (yüzeyin toz-kir tutmaması) özellikte olduğu, -40 °C ile +60 °C arası sıcaklıklardaki termal şoklara dayanıklı olduğu, UV ışınları emme yeteneğinde olduğu, gıda ambalajlarında kullanıldığında bile toksik etkisi olmadığı, dikey yüzeylerde kullanıldığında 10 yıl kullanım ömrü olduğu, antigrafiti özellikte olduğu belirtilmektedir.” [204].

“Ülkemizde kullanılmakta olan su çözücülü vernikler ile yapılan araştırmalarda sertlik değerlerinin fazla olmadığı ve dolayısı ile bu vernik katmanlarının darbe, çizilme ve aşınma dirençlerinin düşük olduğu belirlenmiştir [154]. Uygulama öncesinde ağaç malzemenin hazırlanması amacı ile yapılan perdah işlemi önemli olmaktadır. Zira çözücü olarak kullanılan su, yıllık halkalardaki yoğunluk farkı çok belirgin olan iğne

yapraklı ağaç odunlarında doku kabarmasına sebep olmaktadır. Gerek fibril şeklindeki kesik lif uçlarındaki kabarma gerekse odun dokusundaki kabarmanın önlenmesi için son ıslatma ve yeniden zımparalama işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Ağaç malzemenin zımparalanması işleminde sırası ile 60-100 ve 180 numaralı zımparalar kullanıldıktan sonra, ıslatılıp kurutulan yüzey son olarak 320 veya 400 numaralı zımpara ile yeniden zımparalanmalıdır. Ayrıca su çözücülü vernikler, özellikle tanenli ağaç malzeme yüzeylerinde gözle görünür bir renk değişimine de neden olmaktadır. Bu durumun zayıf alkali özelliği olan (pH 8-9) su çözücülü verniklerin tanen ile etkileşime girerek tek aşamalı bir kimyasal renklendirme yapmış olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir.” [217].

“Uygulamanın yapıldığı ortamdaki havanın sıcaklığı ve bağıl nemi önemli olup, sınırlar sıcaklıkta 20 °C, bağıl nemde ise maksimum % 70 olmalıdır. Su çözücülü boya/verniklerin kuruma süreleri de solvent çözücülüler gibi kısa olduğu için, katman kalitesi uygulama ve kurutma ortamındaki tozdan olumsuz etkilenir. Bu yüzden su çözücülü boya/vernikler tozsuz ortamlarda uygulanmalıdır. Diğer taraftan kurutma ortamında sürekli olarak havaya karışan su buharı bir süre sonra havayı doymun hale getirir. Bağıl nemi artan ortamda kurutulmak istenen verniğin kuruma süresi uzar. Bu yüzden sürme ve kurutma ortamının iyi havalandırılarak nem ile doymun hale gelmiş havanın taze hava ile yer değiştirmesi sağlanmalıdır. Taze havanın ortama ısıtıldıktan sonra verilmesi kurutma süresini kısaltır.” [204].

### 2.1.3.3. Tik Yağı

Oksidasyon sonucu kuruyan organik bir yağdır. Oksidasyon sayesinde yağ molekülleri odun hücreleri içerisinde genişerek hücre çeperlerine ve birbirlerine bağlanırlar. Ağaç malzemeyi UV ışınlarına karşı koruyarak, yüzeyinin doğallığını kaybetmesini önler. Su geçirmezlik katsayısı yüksektir [218].

Tik yağı su ile temas eden dış mekân ahşap ürünlerinde, teknelerde ve bahçe mobilyalarında rahatlıkla kullanılabilir. Ahşaba nüfuz eden, su itici özellik kazandıran, besleyici ve koruyucu bir yağdır. Ürün paket haliyle kullanıma hazırdır, inceltmeden fırça veya kısa tüylü rulo ile uygulanmalıdır. Genellikle tek kat uygulama yeterlidir. Su iticiliğinin ve korumanın artırılması amacıyla ikinci kat uygulanabilir. Eğer iki kat uygulanacaksa ilk katın tamamen kuruması beklenmeli ve yoklama zımparası yapılmalıdır [177].

Tik yağı kullanım öncesinde ve kullanım esnasında iyice karıştırılmalıdır. Tik yağı uygulaması, yağmurlu, çok sıcak havalarda ve sıcaklığın 4 °C'nin altında olduğu durumlarda yapılmamalıdır. Uygulama öncesinde yüzey temizlenmeli, kir, eski boya ya da vernik kalıntısı varsa arındırılmalıdır. Bunun için tercihen 100-120 numara zımpara kullanılmalı ve zımparadan sonra yüzey nemli bir bezle silinerek tozdan temizlenmelidir. Aşırı miktarda doğal yağ içeren tik, iroko gibi odunların uygulamadan önce yağdan arındırılması gerekir. Bu yüzden yüzey zımparadan önce selülozik tinerle temizlenmelidir. Temizleme işlemi sonrasında yüzeydeki tinerin kuruması için beklenmelidir [177].

## **2.2. YÖNTEM**

### **2.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması**

Deneylerde kullanılan örnekler; Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne ait laboratuvarında, ortalama 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nemde TS 642 ISO 554 [219] standardına uygun olarak iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilerek rutubetlerinin % 12'ye gelmesi sağlanmıştır [220].

### **2.2.2. Isıl İşlem Uygulaması**

Örneklerin ısıl işlemleri, Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Bolu – Gerede'de bulunan kereste fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*), Avrupa kızılğacı (*Alnus incana*), akkavak (*Populus alba*) ve aksögüt (*Salix alba*) odunlarına, 190 °C'de 1,5 saat ve 212 °C'de 2 saat periyotlarında ThermoWood yönteminde belirtilen esaslara uygun olarak ısıl işlem uygulanmıştır. Isıl işlem görmüş deney örnekleri Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde bulunan TS 642 ISO 554 [219] esaslarına göre ortalama 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nemli iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar 2 ay bekletilmiştir.

### **2.2.3. Vernik Uygulaması**

TS 642 ISO 554 [219] standardına göre ortalama 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nemde 2 ay süre bekletilen ısıl işlem görmüş tüm deney örneklerinin rutubetleri ağırlık metoduna göre tespit edilmiş ve % 7-8 arasında bulunmuştur. Kontakt kalibre zımpara

makinesinde önce 80 kum, daha sonra 120 numara zımpara ile zımparalandıktan sonra örnek boyutlarında kesilmiştir (160 x 80 x 18 mm). Temiz yumuşak bir bez ve basınçlı hava tabancası yardımı ile yüzeyler tozlardan arındırılarak verniklenmeye hazır hale getirilmiştir. Örneklerin verniklenmesi ASTM D-3023 esasları ve üretici firmaların önerileri doğrultusunda yapılmıştır [221]. Deneylelerden önce numuneler ASTM D 3924 esaslarına göre  $23 \pm 2$  °C sıcaklık ve % 50  $\pm$ 5 bağıl nemdeki iklimlendirme odasında 24 saat süre ile bekletilmişlerdir [222]. Araştırma kapsamında kullanılan vernikler iyice karıştırılarak homojenliği tüm uygulama süresince kontrol edilmiştir. Verniklenen örnekler, tozsuz ve oda sıcaklığındaki ortamda yer düzlemine paralel konumda kurutulmuştur. Yüzeye sürülen vernik miktarı, 0,001 gr. hassasiyetindeki analitik bir terazi ile tartılarak belirlenmiştir. Vernikleme, Düzcede bulunan Kemal Halim Usta Mobilya (möbel khum) Firmasına ait olan cila atölyesinde yapılmıştır.

#### 2.2.3.1. Sentetik Vernik Uygulaması

Sentetik vernikli örneklerde, “DYO” firmasına ait olan “Massiveline (985) Dış Cephe Verniği” kullanılmıştır. Sentetik vernik, deney örnekleri yüzeyine orta sertlikte bir fırça yardımı ile 3 kat olarak uygulanmıştır. İlk katta  $63 \text{ gr/m}^2$ , ikinci katta  $56 \text{ gr/m}^2$ , üçüncü katta  $51 \text{ gr/m}^2$  olacak şekilde toplamda  $1 \text{ m}^2$  yüzeye  $170 \text{ gr}$  düşecek şekilde vernik tatbik edilmiştir. Sadece ilk kat vernik, ahşaba iyice nüfuz etmesi için % 15 sentetik tiner ile inceltilerek uygulanmıştır. İkinci ve üçüncü kat uygulamalarda inceltilmemiştir. Katlar arasında 24 saat beklenerek hafifçe zımpara işlemi yapılmıştır. İlk kattan sonra 220 numara, ikinci kattan sonra 320 ve 400 numara zımpara uygulandıktan sonra son kat vernik tatbik edilmiştir. Daha sonra numuneleri 2 hafta bekletmek suretiyle tam kuruma sağlanmıştır.

#### 2.2.3.2. Su Bazlı (Tek Bileşenli) Vernik Uygulaması

Örneklerde, “KUBİLAY” firmasına ait olan “AQUA-TECH 015-0001 kodlu Su Bazlı Son Kat Vernik” kullanılmıştır (Şekil 2.6). Deney örnekleri yüzeyine orta sertlikte bir fırça yardımı ile 3 kat olarak inceltilmeden tatbik edilmiştir. İlk katta  $74 \text{ gr/m}^2$ , ikinci katta  $62 \text{ gr/m}^2$ , üçüncü katta  $45 \text{ gr/m}^2$ , toplamda  $1 \text{ m}^2$  yüzeye  $181 \text{ gr}$  düşecek şekilde vernik uygulanmıştır. Katlar arasında 6 saat beklenerek hafifçe zımpara işlemi yapılmıştır. İlk kattan sonra 320 numara, ikinci kattan sonra 400 numara zımpara uygulandıktan sonra son kat vernik tatbik edilmiştir. Daha sonra numuneleri 2 hafta bekletmek suretiyle tam kuruma sağlanmıştır.



Şekil 2.6. Su-bazlı tek bileşenli verniğin uygulaması [Foto Gürleyen].

#### 2.2.3.3. Tik Yağı Uygulaması

Örneklerde, “HEMEL” firmasına ait “11402 kodlu Tik Yağı” kullanılmıştır. Tik yağı, deney örnekleri yüzeyine cila bezi topu yardımı ile tatbik edilmiştir. Uygulama, odun yüzeyinin doymuş hale gelmesi, gözeneklerinin dolması ve düzgün bir zemin oluşturması maksadıyla, ilk katta 56 gr/m<sup>2</sup>, ikinci katta 47 gr/m<sup>2</sup>, toplamda 1 m<sup>2</sup> yüzeye 103 gr düşecek şekilde tik yağı uygulanmıştır. Katlar arasında 24 saat beklenerek hafifçe zımpara işlemi yapılmıştır. İlk kattan sonra 400 numara zımpara uygulandıktan sonra son kat tik yağı tatbik edilmiştir. Daha sonra numuneleri 2 hafta bekletmek suretiyle tam kuruma sağlanmıştır.

#### 2.2.4. Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Uygulaması Öncesi Deney Örneklerinin Hazırlanması

Isıl işlem görmüş, sentetik ve su bazlı vernik ile verniklenmiş, tik yağı uygulanmış deney örnekleri, yaşlandırma cihaz ölçülerine uygun olarak (320 x 80 x 18mm) hazırlanmıştır. Örneklerin vernik uygulanmayan yüzeyleri, yaşlandırma uygulamaları sırasında olumsuz etkilere maruz kalmaması için aynı çeşit vernik ile verniklenerek yaşlandırma işlemlerine hazır hale getirilmişlerdir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Hızlandırılmış UV yaşlandırma uygulaması için hazırlanan deney örnekleri [Foto Gürleyen].

### 2.2.5. Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Uygulaması

Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*), Avrupa kızılağacı (*Alnus incana*), akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) odunlarına ait deney örneklerine sentetik, su bazlı vernik ve tik yağı uygulandıktan sonra iklimlendirme odasında  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 3$  bağıl nem şartlarında üç hafta süreyle bekletilmişlerdir.

Daha sonra vernikli örnekler; ASTM G 154-06 [223] esaslarına göre (15 dakika su sprej, 8 saat UV yaşlandırma ortam koşulları ile UV - A 340 florasan lambalarının bulunduğu) QUV accelerated weathering tester cihazında; 144, 288 ve 432 saat süre boyunca UV yaşlandırma etkilerine maruz bırakılmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. QUV accelerated weathering tester cihazı [Foto Gürleyen].

UV yaşlandırmaya tabi tutulan örneklerin yaşlandırma periyodu öncesi ve sonrası; renk ( $\Delta E^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), parlaklık, ıslanabilirlik ve yüzeye yapışma direnci değerleri belirlenmiştir.

QUV accelerated weathering tester cihazı ve örneklerin yerleşimi Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Hızlandırılmış test cihazındaki örneklerin yerleşimi [Foto Gürleyen].

Yapılan bir çalışmada 2400 saatlik bir UV yaşlandırma işleminin yaklaşık 5 yıla denk geldiği ifade edilmiştir [145]. Bu bilgi kapsamında çalışmada uygulanan 144 saatlik sürenin 3,6 aya, 288 saatlik sürenin 7,2 aya ve 432 saatlik sürenin ise 10,8 aya denk geldiği söylenebilir.

Yaşlandırma işlemi tamamlanan Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*), Avrupa kızılğacı (*Alnus incana*), akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) odunlarına ait deney örnekleri  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 3$  bağıl nem şartlarında üç hafta süreyle bekletildikten sonra; renk ( $\Delta E^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), parlaklık, ıslanabilirlik ve yüzeye yapışma direnci değerleri belirlenmiştir.

## 2.3. DENEME METODLARI

### 2.3.1. Katı Madde Tayini

Katı madde tayininin amacı; eşit kalınlıkta katman hazırlayabilmek için vernik veya boyanın katman yapma özelliğini tespit etmektir. Bunun için; ASTM D 1644-01 [224] esaslarına uyularak; vernikler, darası önceden alınan  $\varnothing 75 \pm 5$  mm' lik konkav saat camına  $2 \pm 0,2$  gr. olacak şekilde damlalık ile konulmuş, daha sonra etüvde 60 °C'de ağırlıkça sabit hale gelene kadar bekletilmiştir. Bu süre sonunda çözücüler tamamen buharlaştırılarak yeniden tartımları yapılmıştır. Bu çalışmada, katı madde tayini için her bir vernik çeşidinden 5'er adet örnek olmak üzere toplamda 15 adet ölçüm (3 vernik çeşidi x 5'er numune = 15 ölçüm) yapılmıştır.

Katı madde miktarları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$K_m = [(V_u - \text{Ç}_b) / V_u] \times 100 \quad (2.1)$$

Burada;

$V_u$  = Uygulanan vernik (gr),

$\text{Ç}_b$  = Buharlaşan çözücü (gr),

$K_m$  = Katı madde (%)

$$V_u = G - D, \text{Ç}_b = G - E \quad (2.2)$$

$G$  = Yaş ağırlık (gr),

$D$  = Dara (gr),

$E$  = Kuru ağırlık (gr)

### 2.3.2. Kuru Film Kalınlıkları

Karşılaştırmalı testlerde film kalınlıkları büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple yapılacak testlerden önce numunelere sürülen vernik katmanlarının tam kuruma evresi tamamlandıktan sonra kuru film kalınlıkları PosiTector 200 cihazında ASTM D 6132 [225] standardında belirtilen esaslara uyularak belirlenmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. PosiTector 200 test cihazı [Foto Gürleyen].

Çeşitli mikron kalınlıklarına sahip film tabakaları ile kalibresi doğrulanan cihazın probu, vernikli ahşap malzeme üzerine damlatılan jel (DeFelsko marka – Ultrasonic

couplant)' in üstüne gelecek şekilde bastırılmaktadır. Cihaz ultrasonik olarak çoklu sinyal gönderdikten hemen sonra tarama yapması ile otomatik olarak mikron kalınlığına ait değer ekranda okunmaktadır.

Bu çalışmada, kuru film kalınlığı ölçümleri için toplamda 96 adet (4 ağaç türü x 3 ısıtma işlem x 2 vernik çeşidi x 4 yaşlandırma periyodu x 10 ölçüm = 960 ölçüm) örnek hazırlanmıştır.

### 2.3.3. Fiziksel Özellikler

#### 2.3.3.1. Hava Kuru Yoğunluk

Yoğunluk tayininde kullanılan örnekler TS 2470 [226]'e göre, 3 x 2 x 2 cm boyutlarında hazırlanmıştır. Hava kuru yoğunluk, TS 2472 [227]'de belirtilen esaslara uyularak belirlenmiştir. Bu amaçla deney örnekleri 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nemdeki iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Sonrasında örnekler ± 0.01 gr duyarlıklı analitik bir hassas terazi ile tartılarak hava kuru ağırlıkları ( $M_{12}$ ) belirlenmiştir. Hava kuru hacimleri ( $V_{12}$ ) ise 0,01 mm duyarlıklı mikrometrik dijital kumpasla belirlendikten sonra hesaplanmıştır. Bu değerlere göre hava kuru yoğunluk ( $\delta_{12}$ ) aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$\delta_{12} = M_{12}/V_{12} \quad (2.3)$$

$\delta_{12}$ : Hava kuru yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>)

$M_{12}$ : Hava kuru ağırlık (gr)

$V_{12}$ : Hava kuru hacim (cm<sup>3</sup>)

Kondüsyon odasında yer alan deney numunelerine ait resim Şekil 2.11’de verilmiştir.



Şekil 2.11. Deney örnekleri [Foto Gürleyen].

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

$$\delta_{12} = \delta_r \times \left[ \frac{(1 - 0,85 \times \delta_r) \times (r - 12)}{100} \right] \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (2.4)$$

Bu eşitlikte;

$\delta_{12}$  : Hava kurusu yoğunluk ( $\text{gr/cm}^3$ )

$\delta_r$  : Herhangi bir rutubetteki yoğunluk değeri ( $\text{g/cm}^3$ )

$r$  : Örneklere ait rutubet (%) değeridir.

Bu çalışmada, hava kurusu yoğunluk ölçümleri için toplamda 120 adet (4 odun türü x 3 ısıl işlem x 10 örnek = 120 adet) örnek hazırlanmıştır.

### 2.3.3.2. Tam Kuru Yoğunluk

Örneklerin tam kuru yoğunluklarını belirlemek için hava kurusu haldeki örneklerden yararlanılmıştır. Ölçümleri yapılan  $2 \times 2 \times 3$  cm boyutlarındaki örnekler TS 2470 [226]’e göre hazırlanmıştır. Tam kuru yoğunluğun belirlenmesi için TS 2472 [227] esaslarına uyulmuştur. Buna göre, hava kurusu haldeki örnekler  $103 \pm 2$  °C sıcaklıktaki etüvde değişmez ağırlığa ulaşincaya kadar bekletilmişlerdir. Daha sonra örnekler

etüvden alınarak desikatörde soğutulduktan sonra 0,01 gr. duyarlılıktaki analitik terazide tartılmıştır. Örneklerin her üç yöndeki boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlılıktaki dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri stereometrik metot ile belirlenmiştir. Aşağıdaki formüle göre  $D_0$  hesaplanmıştır.

$$D_0 = M_0/V_0 \quad (2.5)$$

Burada;

$D_0$ : Tam kuru yoğunluk ( $g/cm^3$ )

$M_0$ : Tam kuru ağırlık (g)

$V_0$ : Tam kuru hacim ( $cm^3$ )'dür.

Tam kuru yoğunluğa ait deney örnekleri Şekil 2.12'de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Tam kuru yoğunluğa ait deney örnekleri [Foto Gürleyen].

Tam kuru yoğunluk ölçümleri için toplamda 120 adet (4 odun türü x 3 ısıtış işlem x 10 örnek = 120 adet) örnek hazırlanmıştır.

### 2.3.3.3. Renk Ölçümü

Renk ölçümleri, ASTM D 2244-3 [228]'de belirtilen esaslara göre, ışık kaynağı D65 ve  $10^\circ$  olarak kalibre edilen Datacolor 110 TM spectrophotometer ölçme cihazında yapılmıştır (Şekil 2.13 - Şekil 2.14).



Şekil 2.13. Renk ölçüm cihazı [Foto Gürleyen].



Şekil 2.14. Datacolor 110 TM spectrophotometer cihazı (ASD Orman Ürünleri A.Ş. Fabrikası ARGE Laboratuvarı) [Foto Gürleyen].

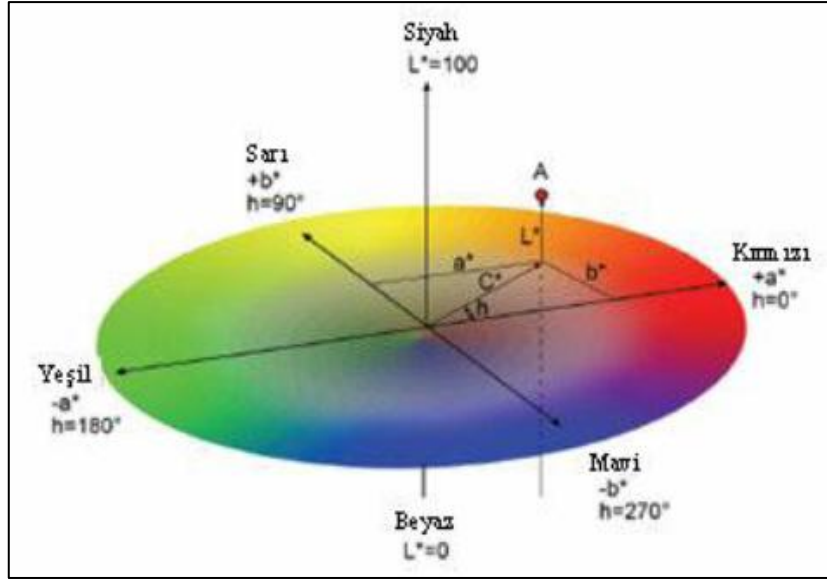
Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'Éclairage (CIE)) tarafından 1976 yılında CIELAB renk aralığı tanımlanmıştır. Bu sistemde renk, 3 boyut içinde bir nokta olarak temsil edilmektedir [229].

CIEL\* a\* b\* renk sisteminde, renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri L\*, a\*, b\* renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Burada, L\* siyah-beyaz (siyah için L\*= 0, beyaz için L\*= 100) ekseninde, a\* kırmızı-yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde, b\* ise sarı-mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır.  $\Delta E^*$ 'nin düşük değerde olması, rengin değişmediği ya da çok az değişim olduğunu göstermektedir [164].

Şekil 2.15'de gösterilen renk alanında L\* koordinatı dikey eksenini (y), a\* koordinatı yatay (x) eksenini ve b\* koordinatı (z) eksenini oluşturmaktadır. CIEL\* a\* b\* renk sisteminde iki renk arasındaki farkı hesaplamak için;

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2.6)$$

formülü kullanılmaktadır [229].



Şekil 2.15. Üç boyutlu CIE L\*a\*b\* renk bölgeleri [8].

Örnekler; 16 x 8 x 1,8 cm ölçülerinde ebatlandırılmıştır. Renk ölçümleri için toplamda, 144 adet (4 odun türü x 3 ısıl işlem x 3 vernik çeşidi x 4 yaşlandırma periyodu= 144 adet) örnek hazırlanmıştır. Örneklerde, renk a\*, b\*, L\* değerleri için 1440' ar (144 örnek x 10 ölçüm) ölçüm yapılmıştır.

#### 2.3.3.4. Yüzey Parlaklık Ölçümü

Vernikli yüzeylerin ışığı yansıtma kabiliyetlerinden yararlanılarak ISO 2813 [230]'de belirtilen esaslar çerçevesinde parlaklık ölçüm cihazı (Gloss - metre) ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 2.16).



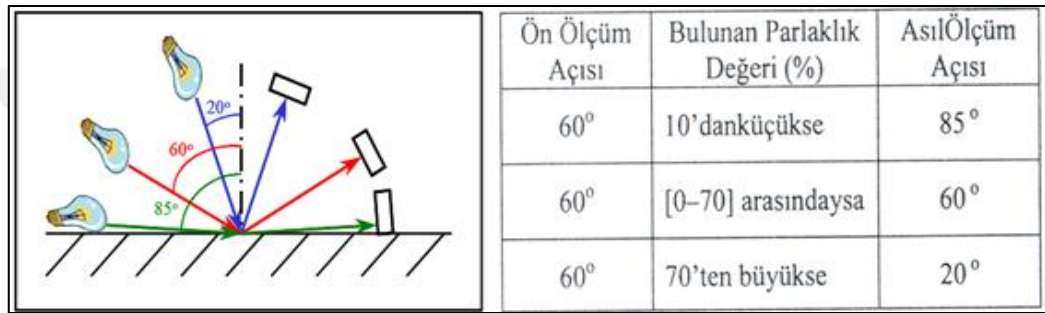
Şekil 2.16. Boya / vernik katmanı yüzey parlaklık ölçüm cihazı [Foto Gürleyen].

Boya / Vernik Katmanı Yüzey Parlaklık Ölçüm Cihazı (Gloss – metre), bir ışık kaynağından birbirine paralel veya yaklaşan ışık demetini deney alanına yönelten mercek ile mercek fotosel alıcı penceresinin oluşturduğu alıcıdan meydana gelmektedir [231].

Boya ve vernik katmanlarının parlaklığı tespit edilirken, 20° mat katmanların, 60° hem mat hem de parlak katmanların, 85° ise çok parlak katmanların yüzey parlaklığını belirlemek için kullanılmaktadır [231].

Vernik uygulamasından sonra tam kuruması sağlanan deney örnekleri ISO 2813 [230]'de belirtilen esaslar çerçevesinde  $23 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\% 50 \pm 5$  bağıl nem şartlarında 16 saat süreyle kondisyonlanarak ölçümlere hazır hale getirilmiştir.  $60^\circ \pm 2$  parlaklık seviyesinde test edilerek elde edilen değerler, parlaklık derecesi 100 olarak kabul edilen siyah kalibrasyon cam paneline göre değerlendirilmiştir [232].

Şekil 2.17'de üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.17. Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi ve 60°'de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenme kriterleri [233].

Ölçümler her bir yüzey için liflere paralel ve dik olacak şekilde; ThermoWood metoduna göre ısı işlem görmüş su bazlı vernik, sentetik vernik ve tük yağ uygulanmış deney örnekleri üzerinde, UV yaşlandırma öncesi ve sonlarında ölçülmüştür. Çizelge 2.5'de parlaklık değerlerinin sınıflandırılması verilmiştir.

Çizelge 2.5. Parlaklık değerlerinin sınıflandırılması [111].

60°'de Ölçülen Parlaklık	Parlaklık Sınıfı
20'nin altı	Mat
25-30	Yarı Mat
35-45	İpek Mat
55-65	Yarı Parlak
70-80	Parlak
80'in üzeri	Çok Parlak

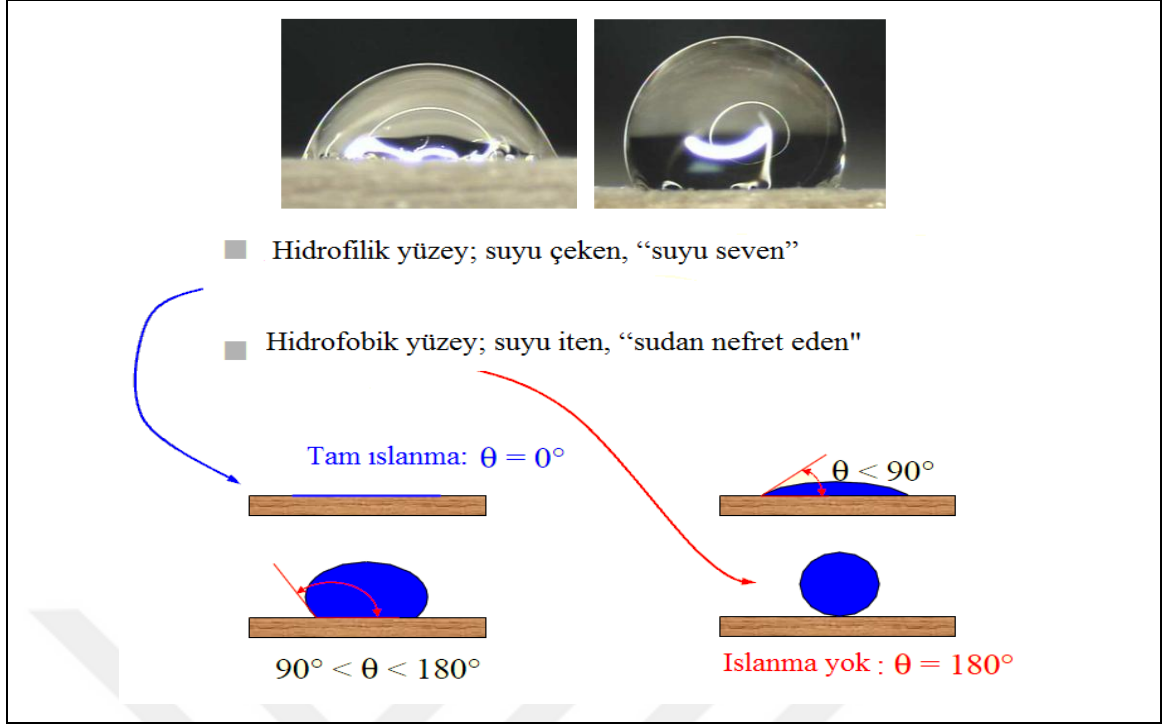
Örnekler; 16 x 8 x 1,8 cm ölçülerinde ebatlandırılmıştır. Parlaklık ölçümleri için toplamda, 144 adet (4 odun türü x 3 ısı işlem x 3 vernik çeşidi x 4 yaşlandırma periyodu x 10 ölçüm = 1440 ölçüm) örnek hazırlanmıştır.

### 2.3.3.5. Islanabilirlik Testi

Bir sıvı damlası düz bir katı malzeme yüzeyine bırakıldığında, yüzeyde tamamen yayılabilir veya daha büyük bir ihtimalle katı yüzeyle belirli bir açı ( $\Theta$ - Temas açısı) oluşturacak şekilde bir damla olarak kalır. Temas açısı ( $\Theta$ ), sıvı ve katı yüzeyin bir fonksiyonudur [234].

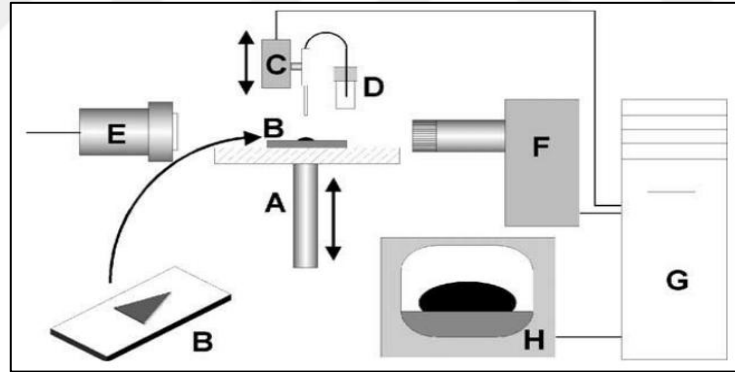
Bu yöntemde belirli hacimdeki su damlası katı yüzey üzerine yerleştirilerek, yüzey ile damlacık arasındaki temas açısının ölçülmesi üzerine çalışır. Temas açısı ( $\Theta$ ), katı yüzey üzerinde sıvı, katı ve üçüncü bir ortamı oluşturan gazın (hava) birleşim noktasından sıvının yüzeyde oluşturduğu küresel şekle çizilen teğetin katı yüzeyle oluşturduğu açıdır [235]-[238]. Eğer  $\Theta < 90^\circ$  ise sıvının katı yüzeyi ıslattığı,  $\Theta > 90^\circ$  ise sıvının katı yüzeyi ıslatmadığı söylenebilir [239]. Hidrofobik materyaller su ile yüksek temas açısı göstermektedir. Bu yöntemle, temas açısının direkt olarak oluşan kabarcık ve katı - hava ara yüzeyinden ölçülebileceği gibi, hacmi  $1\mu\text{l}$ 'den küçük olan sıvılar için damlacığın yükseklik ve çapı kullanılarak da hesaplanabilmektedir [235]-[238].

Katı yüzey ile kontak noktası arasındaki açı, sabit damlama profili ile teğet yönden belirlenmektedir. Damlanın görüntüsü video kamera ile kayıt edilmektedir. Kontak açısı ölçümü normal oda sıcaklığında, damıtılmış su damlasının görüntüsünden yararlanılarak görüntü analiz sistemi ile belirlenir. Sıvı yüzey durumu, temas açısı ve ıslanabilirlik ilişkisi Şekil 2.18'de verilmiştir.



Şekil 2.18. Sıvı yüzey durumu, temas açısı ve ıslanabilirlik ilişkisi [240].

Damla analizi cihazının çalışma şeması Şekil 2.19’da verilmiştir.



Şekil 2.19. Damla analizi cihazının çalışma şeması; vertikal hareketli uç tablası (A), test edilecek katı yüzey (B), şırınganın damla kontrolü için yazılım kontrolündeki dozlama sistemi (C), sıvı saklama kabı (D), ışık kaynağı (E), yüksek hızlı video-kamera (F), Bilgisayar (G), Monitor (H) [241].

Bu tez çalışmasında, durağan damla (Sessile drop) yöntemi kullanılmıştır. Temas açısı ve ıslanabilirlik testleri İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Temas açısı (Contact angle -CA) ölçümleri, KSV CAM 101 (KSV Instruments, Espoo, Finland) bilgisayar sistemi kullanılarak goniometre tekniğiyle ölçülmüştür [242]. Cihaz

sessile drop tekniği ile temas açısı ölçümü yapmaktadır. Her bir örneğin yüzeyi ölçümden önce toz, parmak izi, yağ vb. gibi maddelerden arındırılmış ve iyice silinmiştir.

Nem ve sıcaklığın ölçümler üzerinde yapacağı etkileri standardize etmek amacıyla, ortam koşulları % 40 nemlilikte ve  $20 \pm 1$  °C sıcaklıkta sabitlenmiştir [243]. Ölçü örnek ölçüm tablasına yerleştirildikten sonra, dijital video kamera örnek yüzeyi üzerine odaklanmıştır. Yazılım istenilen miktarda test sıvısının örnek üzerine damlatılmasına olanak sağlamaktadır. Çalışmamızda test sıvısı olarak seçilen distile su, 5µl standart miktarda kullanılmıştır. Temas açısı ölçüm değeri, damlacığın sağ ve sol temas noktasından damlacık yarıçapına doğru olan teğet çizgisi arasında oluşan açının dijital görüntü üzerinden ayrı ayrı hesaplanıp aritmetik ortalamalarının alınması ile belirlenmektedir.

Ölçüm, 60 saniye boyunca her 1 sn'de olacak şekilde başlanmış ve devam edilmiştir. Kontak açısı değeri, 60 sn'ye sonunda elde edilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir (Şekil 2.20).



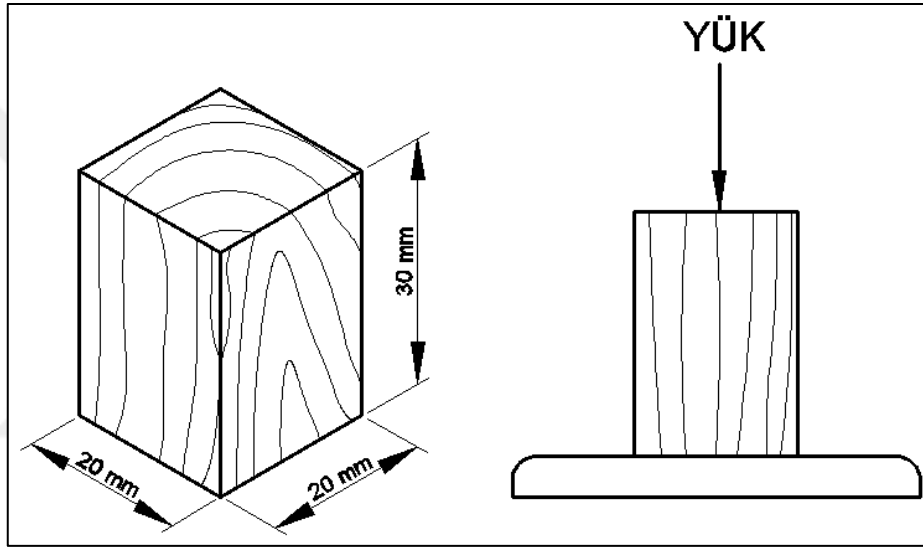
Şekil 2.20. Islanabilirlik test cihazında örneklerin ölçümü (İstanbul Üniversitesi) [Foto Gürleyen].

Örnekler; 8 x 5 x 1,8 cm ölçülerinde ebatlandırılmıştır. Islanabilirlik testi ölçümleri için toplamda, 144 adet (4 odun türü x 3 ısıl işlem x 3 vernik çeşidi x 4 yaşlandırma periyodu x 10 ölçüm = 1440 ölçüm) örnek hazırlanmıştır.

### 2.3.4. Mekanik Özellikler

#### 2.3.4.1. Liflere Paralel Basınç Direnci

Liflere paralel basınç direnci deneyleri TS 2595 [244] esaslarına göre yapılmıştır. 20 x 20 x 30 mm (teğet, radyal, enine kesit) boyutlarında hazırlanan örnekler iklimlendirme odasında 20 °C ±2 sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nem şartlarında bekletilerek rutubetlerinin ortalama % 8 olması sağlanmıştır. İklimlendirme işleminden sonra, örneklerin enine kesit boyutları uzunluk ekseninin ortasından ± 0,01 mm duyarlıkta ölçülmüştür. Şekil 2.21’de liflere paralel basınç direnci örneğinin şekli, boyutları ve yükün uygulaması gösterilmektedir.



Şekil 2.21. Liflere paralel basınç direnci deney örneği.

Deney hızı, örnekler makinede 1,5 - 2 dakikada kırılacak şekilde ayarlanmış, kırılma anındaki kuvvet ( $P_{max}$ ) 0,01 duyarlıkta bilgisayar ekranından okunmuştur. Liflere paralel basınç direnci aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_{\beta} = \frac{F_{max}}{axb} \quad (2.7)$$

Eşitlikte;

$\sigma_{\beta}$ : Liflere paralel basınç direnci ( $N/mm^2$ )

$F_{max}$ : Kırılma anındaki kuvvet (N)

a, b: Enine kesit boyutları ( $mm^2$ )

Deneylerden sonra örnek rutubetleri TS 2471 [220]'e göre belirlenerek, rutubetleri % 12'den farklı olan örneklerin basınç direnci değerleri aşağıdaki formül kullanılarak % 12 rutubetteki liflere paralel basınç direnci değerlerine dönüştürülmüştür.

$$\sigma\beta_{(12)} = \sigma\beta_{(r)} \times [1 + 0,05(r - 12)] \quad (2.8)$$

Basınç direnci ile yoğunluk arasındaki ilişkiye dayanarak statik kalite değerinin belirlenmesi için aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

$$St = \frac{\sigma\beta_{(12)}}{100 \times \delta_{(12)}} \quad (2.9)$$

Eşitlikte;

$\sigma\beta_{12}$ : % 12 rutubetteki basınç direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$\delta_{12}$ : % 12 rutubetteki yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>)

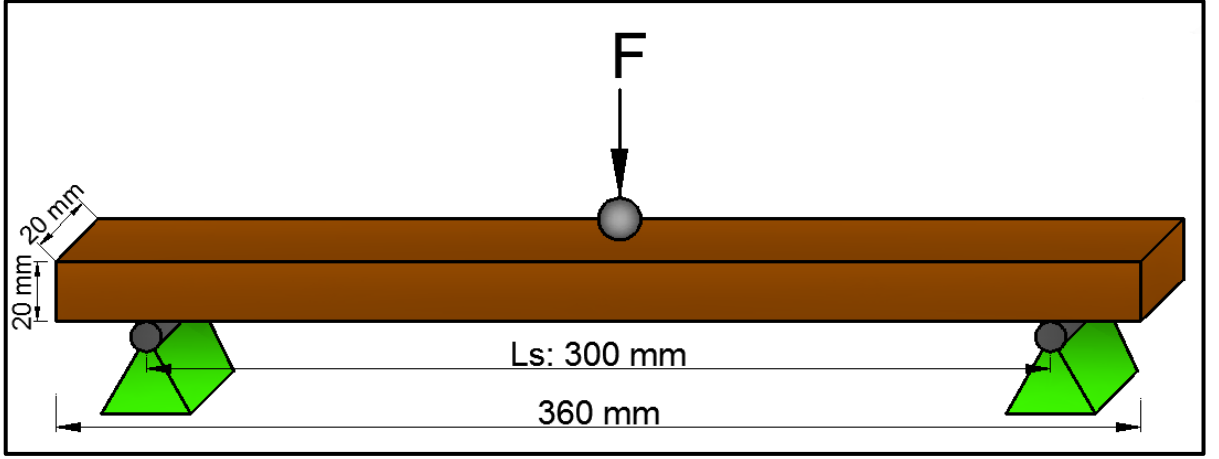
Liflere paralel basınç direnci ile yoğunluk arasındaki ilişkiye dayanarak spesifik kalite değerinin belirlenmesinde aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

$$Sp = \frac{\sigma\beta_{(12)}}{100 \times (\delta_{12})^2} \quad (2.10)$$

Liflere paralel basınç direnci testi ölçümleri için toplamda 120 adet (4 odun türü x 3 ısıl işlem x 10 adet numune = 120 ölçüm) örnek hazırlanmıştır.

#### 2.3.4.2. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyleri TS 2474 [245] esaslarına uygun olarak yapılmıştır. Örnekler 20 x 20 x 360 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Ölçülerine getirilen örnekler iklimlendirme odasında 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nem şartlarında 4 hafta bekletilerek rutubetlerinin ortalama % 8 olması sağlanmıştır. Üniversal test makinesine, dayanak noktaları açıklığı 300 mm olacak şekilde yerleştirilen örneklere, yıllık halkalara teğet yönde ve dayanak açıklığının orta kısmından kırılma işlemi gerçekleştirinceye kadar yük uygulanmıştır (Şekil 2.22).



Şekil 2.22. Eğilme direnci testi deney düzeneği.

Deneyler yapılmadan önce örnekler  $\pm 0,01$  mm duyarlılığa sahip olan dijital bir kumpasla genişliği ve kalınlığı ölçülmüştür. Daha sonra universal test aletinin yükleme mekanizmasının hızı,  $1,5 \pm 0,5$  dakikada kırılacak şekilde ayarlanarak, kırılma anındaki kuvvet ( $F_{max}$ )  $\pm 1$ kp duyarlılıkta ölçülüp eğilme direnci aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_e = \frac{3xFL_s}{2xaxb^2} \quad (2.11)$$

Eşitlikte;

$\sigma_E$ : Eğilme direnci ( $N/mm^2$ )

F: Kırılma anındaki kuvvet (N)

$L_s$ : Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

a: Örnek genişliği (mm)

b: Örnek kalınlığı (mm)

Deneylerden sonra örnek rutubetleri TS 2471 [220]'e göre belirlenerek, rutubetleri % 12'den farklı olan örneklerin eğilme direnci değerleri aşağıdaki formül kullanılarak % 12 rutubetteki eğilme direnci değerlerine dönüştürülmüştür.

$$\sigma_e(12) = \sigma_e(r) \times [1 + 0,04(r - 12)] \quad (2.12)$$

Eşitlikte;

$\sigma_E(12)$  = % 12 rutubetteki eğilme direnci ( $N/mm^2$ )

$\sigma_E(r)$  = % r rutubetteki eğilme direnci ( $N/mm^2$ )

$r$  = Deney anındaki örnek rutubeti (%)

Eğilme testine ait görüntü Şekil 2.23’de verilmiştir.



Şekil 2.23. Eğilme direnci deneyi [Foto Gürleyen].

Eğilme direnci testi ölçümleri için toplamda 120 adet (4 ağaç türü x 3 ısıtma işlemi x 10 adet numune = 120 ölçüm) örnek hazırlanmıştır.

#### 2.3.4.3. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci

Dinamik eğilme (şok) direnci deneyleri TS 2477 [246]’ ya göre 20 x 20 x 300 mm’lik kusursuz ve sağlam örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Denemelerden önce örneklerin orta yerinden en ve kesit alanı dijital kumpas yardımıyla tespit edilerek, en ve kesit alanı belirlenen numuneler deneye tabii tutulmuş, iş miktarı ( $A$ ) belirlenmiştir. Dinamik eğilme direnci ( $A_w$ ) formüle göre hesaplanmıştır.

$$A_w = 1000 \times Q / b \times h \text{ (kgm/cm}^2\text{)} \quad (2.13)$$

Burada;

$Q$ : Deney parçasının kırılması için gerekli enerji (kgm)

$b$  ve  $h$ : Deney parçasının radyal ve teğet yönlerdeki boyutları ( $b \times h$ ,  $\text{cm}^2$ ).

Deneylerden sonra örnek rutubetleri TS 2471 [220]'e göre belirlenerek, rutubetleri % 12'den farklı olan örneklerin dinamik eğilme direnci değerleri aşağıdaki formül kullanılarak % 12 rutubetteki dinamik eğilme direnci değerlerine dönüştürülmüştür.

$$A_{12} = A_w \times (1 + \alpha \times (R - 12)) \quad (\text{kgm}) \quad (2.14)$$

Eşitlikte;

$A_{12}$  : Hava kurusu rutubette dinamik eğilme direnci (kgm/cm)

$R$  : Rutubet, (%)

$A_w$  :  $R$  rutubetinde dinamik eğilme direnci (kgm/cm<sup>2</sup>)

$\alpha$  : Düzeltme faktörü (0,025)

Dinamik eğilme test cihazına ait görünüş ve deney sonrası örneklerin görünüşü Şekil 2.24'de verilmiştir.



Şekil 2.24. Dinamik eğilme (şok) direnci deneyi

Dinamik eğilme (şok) direnci testi ölçümleri için toplamda 120 adet (4 ağaç türü x 3 ısıl işlem x 10 adet numune = 120 ölçüm) örnek hazırlanmıştır.

#### 2.3.4.4. Yüzeye Yapışma Testi

Araştırmada, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci, ASTM D - 4541 [247]'de belirtilen esaslara uyularak, DeFelsko marka PosiTest AT-A Automatic Adhesion Tester cihazında yapılmıştır (Şekil 2.25).

Çekme silindirlerinin vernikli yüzeylere yapıştırılmasında “404 - plastik çelik” marka yapıştırıcı kullanılmıştır. Deney örnekleri yüzeylerine çapı 20 mm olan çekme silindirleri, kalıp yardımıyla normal oda sıcaklığında yapıştırılmıştır. Jelleşme sonrası yapıştırıcı fazlalıkları 2 saat sonra bir iskarpela yardımı ile temizlenmiş ve 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır [217], [248], [249].



Şekil 2.25. Adezyon test cihazı [Foto Gürleyen].

Çekme silindiri yapıştırılan yüzeylerdeki katman, malzeme yüzeyine kadar kesici yardımıyla kesilmiştir. İşleme yalnızca yapıştırılan alanın kopartılmasına olanak sağlanmıştır [217], [248].

Yapıştırıcının kurumasından sonra çekme silindirinin çevresinde oluşan kuruyan yapıştırıcı taşmalarının alınmasında kullanılan kesici alet Şekil 2.26’da gösterilmiştir.



Şekil 2.26. Çekme silindirinin çevresindeki yapıştırıcı taşmalarının alınmasında kullanılan kesici alet [Foto Gürleyen].

Yüzeye yapıştırılan silindirler, “Universal Test Cihazı” ile deney örneklerinden çekilerek kopartılmış ve kopma anındaki kuvvet kaydedilmiştir. ASTM D 4541 [247] standardına uyularak çekme gerilmesinin, deneyin 90 saniye içerisinde tamamlanmasına özen gösterilmiştir. Yapışma direnci, aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır [217], [248].

$$X = 4 F / \pi \cdot d^2 \quad (2.15)$$

Burada;

X= Yapışma direnci (MPa),

F= Kopma anındaki kuvvet (Newton)

d= Çekme silindirin çapı (mm).

Örnekler; 16 x 8 x 1,8 cm ölçülerinde ebatlandırılmıştır. Yüzeğe yapışma testi ölçümleri için toplamda, 288 adet (4 odun türü x 3 ısıl işlem x 3 vernik çeşidi x 4 yaşlandırma periyodu x 2'şer numune x 5'er ölçüm= 1440 ölçüm) örnek hazırlanmıştır.

### 2.3.5. Teknolojik Özellikler

#### 2.3.5.1. Janka Sertlik Direnci

Janka sertlik değeri TS 2479 [250] esasına göre tespit edilmiştir. Buna göre 50 × 50 × 50 mm ölçülerinde hazırlanan 10' ar adet kontrol ve test örnekleri klimatize edilmiştir. Çapı 11,284 mm olan çelik küre, deney örneğinin enine, radyal ve teğet kesit yüzeylerine, yarı derinliğine (5,642 mm) kadar girdiğinde uygulanan yük tespit edilmiştir. Janka sertlik değerinin ölçülmesinde çelik kürenin çapının yarısı olan 5,64 mm'lik kısım örnek yüzeyine girdiğinde açılan çukurun çapı 1 cm<sup>2</sup> olduğundan test makinesinden okunan kuvvet doğrudan sertlik değerini vermektedir ve janka sertlik (H<sub>j</sub>) direnci değeri;

$$H_j = K \times P \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.16)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Eşitlikte,

H<sub>WC</sub> : Janka sertlik değeri (N/mm<sup>2</sup>)

P : Yükleme ucunun deney parçasının içerisinde belirli derinliğe girmesi

sırasındaki yük (N)

K : Çelik kürenin 5,64 mm derinliğe girmesi halinde kullanılan, değeri 1 olan katsayı.

Deneylerden sonra örnek rutubetleri TS 2471 [220]'e göre belirlenerek, rutubetleri % 12'den farklı olan örneklerin janka sertlik direnci değerleri aşağıdaki formül kullanılarak % 12 rutubetteki janka sertlik direnci değerlerine dönüştürülmüştür.

$$H_{j12} = H_{jr} \times [1 + \alpha(r - 12)] \quad (2.17)$$

$H_{j12}$  : % 12 rutubetteki Janka sertlik değeri (N/mm<sup>2</sup>)

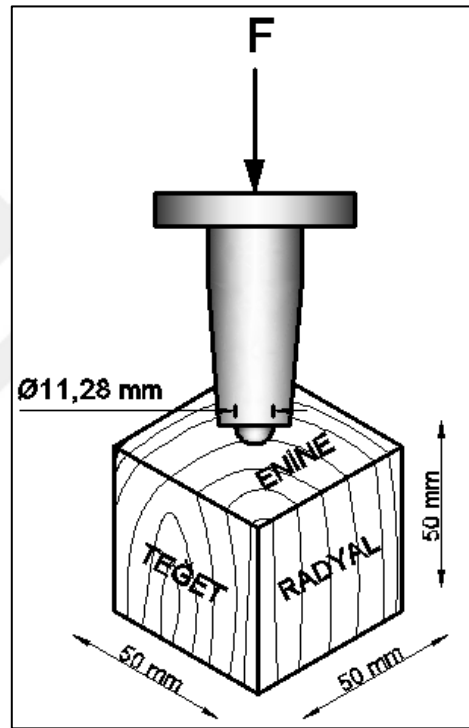
$H_{jr}$  : % r rutubetteki Janka sertlik değeri (N/mm<sup>2</sup>)

r : Deney anındaki örnek rutubeti (%)

$\alpha$  : Rutubet miktarı için düzeltme katsayısı (enine kesit sertlik için 0,04, yan kesit sertlik için 0,025).

Janka sertlik direnci ölçümleri için toplamda 360 adet (4 ağaç türü x 3 ısıl işlem x 3 kesiş yönü x 10 adet numune= 360 ölçüm) örnek hazırlanmıştır.

Şekil 2.27’de janka metoduna göre sertlik deneyi şekli verilmiştir.



Şekil 2.27. Janka metoduna göre sertlik deneyi.

Janka sertlik deneyine ait resim Şekil 2.28’de verilmiştir.



Şekil 2.28. Janka sertlik deneyi [Foto Gürleyen].

### 2.3.6. Değişim Oranlarının Hesaplanması

Bu tez çalışmasında yapılan tüm deneylerde, ısıl işlem uygulanmış test örneklerinden elde edilen değerlerin, kontrol örneklerinden elde edilen değerlere kıyasla oluşan artış veya azalış oranları aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$D_o = \frac{K_{\bar{o}} - S_{\bar{o}}}{K_{\bar{o}}} \times 100 \quad (2.18)$$

$D_o$  : Değişim oranı (%)

$K_{\bar{o}}$  : Kontrol ölçümü değeri (değişimin hesaplanmasına esas teşkil eden ilk ölçüm)

$S_{\bar{o}}$  : Son ölçüm değeri

### 2.3.7. Verilerin Değerlendirilmesi

İstatistiksel analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde SPSS [251] paket programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar üzerinde faktörlerin ve faktörler arasındaki etkileşimlerin anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılığı belirleyebilmek için ise Duncan testi uygulanmak suretiyle homojenlik grupları belirlenmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. KULLANILAN VERNİKLERİN ÖZELLİKLERİNE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA

##### 3.1.1. Katı Madde Miktarlarına İlişkin Bulgular

Deneylerde kullanılan tik yağı ve verniklerin bazı özellikleri, katı madde oranları, yüzeye tatbik edilen miktarları ve uygulanan katman sayısına ilişkin sonuçlar Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan yüzey koruyucuların bazı özellikleri ve uygulama parametreleri.

Yüzey koruyucular	Yoğunluk (gr/m <sup>3</sup> )	Uygulama viskozitesi sn DIN Cup/4mm	Katı madde oranları (%)	Vernik miktarı (gr/m <sup>2</sup> )				Uygulanan katman sayısı
				1. Kat	2. Kat	3. Kat	Toplam	
Sentetik	0,90	33	47,12	63	56	51	170	3
Tik yağı	0,85	11	32,94	56	47	-	103	2
Su bazlı	1,03	55	27,69	74	62	45	181	3

Katı madde oranı en yüksek sentetik vernikte (% 47,12) elde edilirken, bunu sırasıyla tik yağı (% 32,94) ve su bazlı vernik (% 27,69) takip etmiştir. Yüzeye tatbik edilecek üst yüzey uygulaması açısından bu oranlar önem teşkil etmektedir.

##### 3.1.2. Kuru Film Kalınlıklarına İlişkin Bulgular ve Tartışma

Kullanılan tik yağı, örnekler üzerinde katman kalınlığı oluşturmadığından ölçüm alınamamıştır. Bu yüzden sadece sentetik ve su bazlı vernik çeşitleri istatistiksel değerlendirmeye alınmıştır.

Farklı vernik çeşidinin uygulandığı ısıl işlem görmüş örneklerin yaşlandırma sonrası yüzeyde oluşan kuru film (katman) kalınlığı ortalama değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kuru film kalınlığı ortalama değerleri (µm).

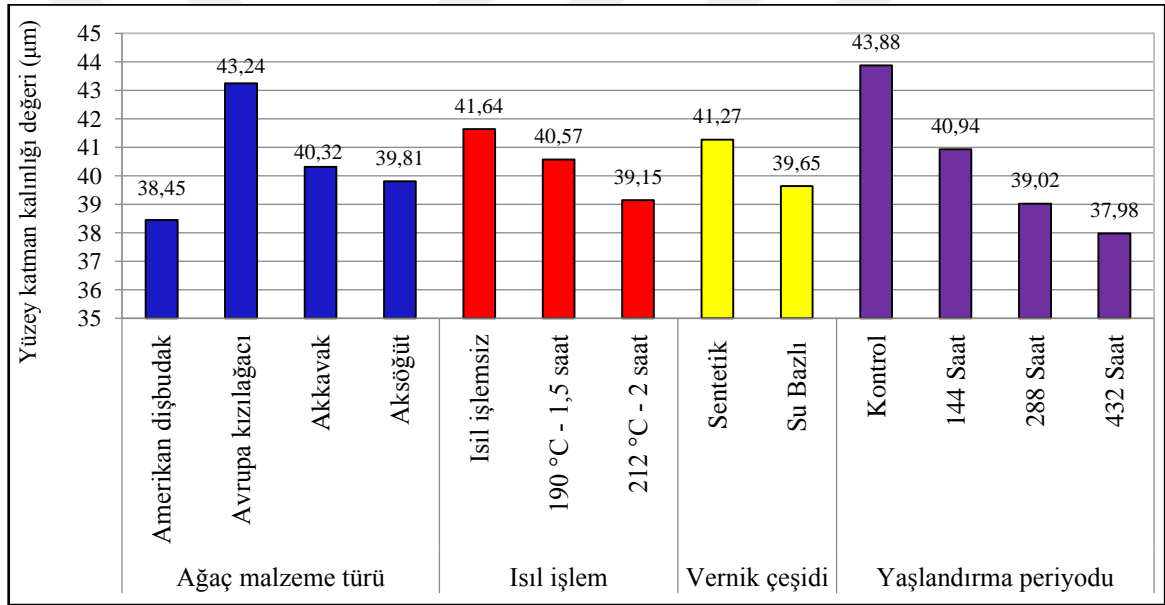
Ağaç malzeme t¼r¼	Isıl işlem	Vernik eşidi	Yaşlandırma periyodu			
			Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik	40,1	39,2	36,4	34,8
		Su Bazlı	43,8	40,6	34,6	33,6
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	41,5	40,6	36,3	35,3
		Su Bazlı	44,1	41,5	40,2	35,4
	212 °C 2 saat	Sentetik	42,5	41,4	37,4	36,3
		Su Bazlı	38,7	37,6	36,2	34,8
Avrupa kızılağacı	Isıl işlemsiz	Sentetik	50,5	47,5	42,9	41,9
		Su Bazlı	48,4	45,0	43,2	42,5
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	46,3	45,2	42,6	41,6
		Su Bazlı	47,1	41,1	39,6	39,3
	212 °C 2 saat	Sentetik	43,8	42,2	41,7	40,3
		Su Bazlı	46,2	40,7	39,1	39,1
Akkavak	Isıl işlemsiz	Sentetik	54,2	42,7	41,1	40,5
		Su Bazlı	42,1	41,1	40,8	39,7
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	51,6	41,1	39,0	38,3
		Su Bazlı	39,7	38,7	37,4	37,5
	212 °C 2 saat	Sentetik	40,7	38,1	37,5	35,9
		Su Bazlı	38,2	37,6	37,3	36,8
Aks¼ę¼t¼	Isıl işlemsiz	Sentetik	46,3	41,3	39,0	38,6
		Su Bazlı	41,8	40,9	39,4	38,1
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	44,0	40,0	39,7	38,1
		Su Bazlı	39,8	39,3	38,6	37,8
	212 °C 2 saat	Sentetik	43,0	42,3	40,4	39,0
		Su Bazlı	38,7	36,8	36,4	36,1

Y¼zey katman kalınlığı en y¼ksek akkavakta, ısıl işlemsiz uygulamada, sentetik vernikte ve kontrol ¼rneęinde, en d¼ř¼k ise su bazlı vernikte ısıl işlemsiz Amerikan dişbudak odununda, 432 saat yaşlandırma periyodunda bulunmuştur.

Ağaç malzeme t¼r¼, vernik çeşidi, ısıl işlem, ve yaşlandırma periyodu d¼zeyindeki kuru film kalınlığı ortalamaları izelge 3.3'de verilmiş, bu değerlere ait grafik Şekil 3.1'de g¼sterilmiřtir.

Çizelge 3.3. Ağaç malzeme türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyindeki kuru film kalınlıkları.

Faktör	Kuru film kalınlığı (µm)	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	38,45
	Avrupa kızılğacı	43,24
	Akkavak	40,32
	Aksöğüt	39,81
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	41,64
	190 °C - 1,5 saat	40,57
	212 °C - 2 saat	39,15
Vernik çeşidi	Sentetik	41,26
	Su Bazlı	39,65
Yaşlandırma periyodu	Kontrol	43,88
	144 Saat	40,94
	288 Saat	39,02
	432 Saat	37,98



Şekil 3.1. Ağaç malzeme türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyindeki kuru film kalınlığı karşılaştırma sonuçları.

Çizelge 3.3'e göre, kuru film kalınlığı değeri, ağaç malzeme türü düzeyinde, en yüksek Avrupa kızılğacında, en düşük Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde, en yüksek ısıt işlemsiz uygulamada, en düşük 212 °C'de 2 saatlik ısıt işlemde bulunmuştur. Vernik çeşidi düzeyinde, en yüksek sentetik vernikte, en düşük su bazlı vernikte görülürken, yaşlandırma periyodu düzeyinde, en yüksek kontrol örneğinde, en düşük 432 saatte tespit edilmiştir. Bu farklılıkların, verniklerin yapısı ve katı madde miktarı oranlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim, su bazlı vernik katman kalınlığının az olmasında, verniği oluşturan polimer taneciklerinin çok

küçük parçacıklar halinde olmasının da etkili olduğu ifade edilmiştir [217].

Tik yağı katı madde miktarı, sentetik vernikten düşük, su bazlı vernikten ise yüksek çıkmıştır. Tik yağının akışkan bir yapıya sahip olması ve ağaç malzemenin kolay absorbe etme özelliğinden dolayı yüzeyde ölçülebilir düzeyde katman oluşmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle tik yağı kullanılan örneklerde kuru film kalınlığı ölçülememiştir.

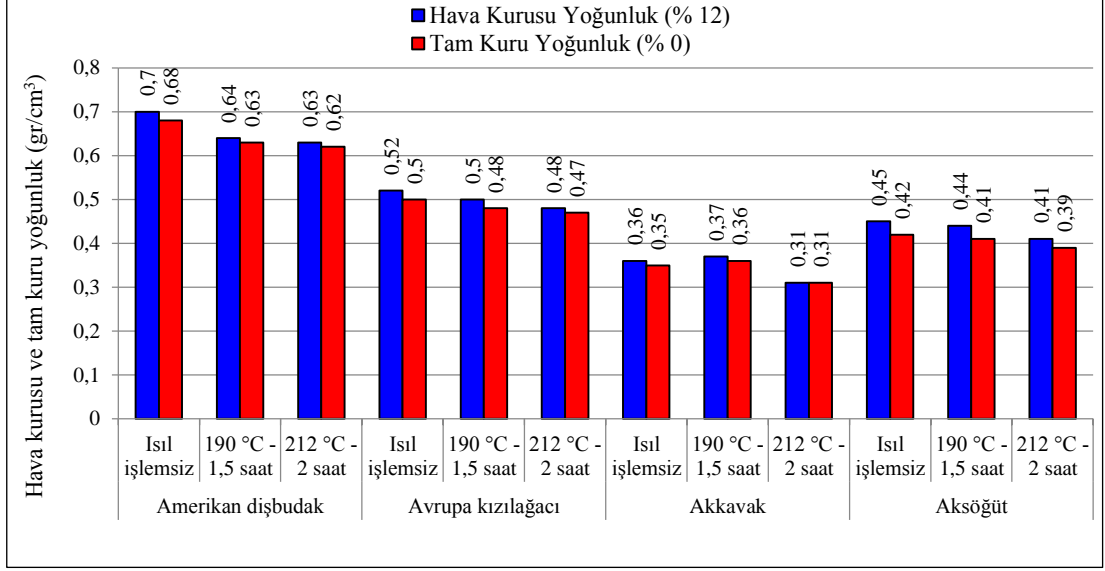
### 3.2. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.2.1. Hava Kuruğu ve Tam Kuru Yoğunluk İle İlgili Bulgular

Yabancı ağaç türlerinden Amerikan dişbudak ve Avrupa kızılacağı, yerli ağaç türlerinden akkavak ve aksöğüt odunlarında üç farklı ısıl işlem uygulanarak elde edilen deney örneklerinin hava kuruğu ve tam kuru yoğunluk değerleri tespit edilmiştir. Hava kuruğu ve tam kuru yoğunluğa ilişkin ortalama değerler Çizelge 3.4’de, bu değerlere ait grafik Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Hava kuruğu ve tam kuru yoğunluğa ait ortalama değerler (gr/cm<sup>3</sup>)

Ağaç malzeme türü	Isıl işlem	Hava kuruğu yoğunluk (% 12)	Tam kuru yoğunluk (% 0)
		$\bar{X}$	$\bar{X}$
Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	0,70	0,68
	190 °C - 1,5 saat	0,64	0,63
	212 °C - 2 saat	0,63	0,62
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	0,52	0,50
	190 °C - 1,5 saat	0,50	0,48
	212 °C - 2 saat	0,48	0,47
Akkavak	Isıl işlemsiz	0,36	0,35
	190 °C - 1,5 saat	0,35	0,34
	212 °C 2 saat	0,31	0,31
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	0,45	0,42
	190 °C - 1,5 saat	0,44	0,41
	212 °C - 2 saat	0,41	0,39



Şekil 3.2. Hava kuru ve tam kuru yoğunluğa ait karşılaştırma sonuçları

Hava kuru ve tam kuru yoğunluk değerleri, ağaç malzeme türü ve ısıl işlem etkileşiminde en yüksek ısıl işlemsiz Amerikan dişbudak odununda, en düşük 212 °C’de 2 saatlik ısıl işlem uygulamasında akkavak odununda bulunmuştur.

### 3.2.2. Hava Kuru ve Tam Kuru Yoğunluk İle İlgili Tartışma

Elde edilen sonuçlara göre, ısıl işlem sıcaklığının artışıyla yoğunluk değerinin düştüğü görülmektedir. Hava kuru yoğunluk değerlerine kıyasla, tam kuru yoğunluk değerlerinin % 0 ile 7 oranları arasında azaldığı görülmüştür.

Literatürde [5], [65], [91], [252], ısıl işlem sonrası odunun yoğunluğundaki azalmanın ana nedenlerinden birinin, işlem esnasında odun bileşenlerinin degradasyonu (özellikle hemiselülozların) olarak gösterilmiştir. Isıl işlem esnasında ekstraktiflerin buharlaşmasının ve denge rutubet miktarındaki düşüşün de odun yoğunluğunun azalmasında önemli bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. Isıl işlem sonrası odunun yoğunluğun azalmasının sebebi olarak, hemiselülozların uçucu ürünlere indirgenmesi ve ekstraktiflerin buharlaşması ana nedenler olarak düşünülmüştür. [55], [253]-[255]’e göre ağırlık kaybı ile hacimsel daralma arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Ağırlık kaybı, ısıl işlem esnasında meydana gelen en önemli olaylardan biri olup, odun kalitesinin bir göstergesi olarak ifade edilmektedir. Ağırlık kaybının, ısıl işlem ortamına, sıcaklığına, süresine ve ağaç türüne bağlı olduğu belirtilmektedir.

Farklı sıcaklıklarda ısıl işlem uygulanan kayın odununda sıcaklık artışının, yoğunluğun azalmasında önemli bir faktör oluşturduğu [256], sıcaklık ve süre arttıkça yoğunluğun % 2,6 ile % 12,6 arasında azaldığı [257], kızılığaç ve ladin odunlarına ait hava kurusu yoğunluk değerlerinin en yüksek ısıl işlem uygulaması olan 212 °C’de azaldığı [142], yabani kiraz odununda 212 °C’de 1,5 ve 2,5 saat olarak uygulanan ısıl işlemlerde % 13 ile % 20 oranları arasında ağırlık kaybı meydana geldiği, hava kurusu yoğunluğunun ise % 20 civarında azaldığı belirtilmiştir [258]. Isıl işlemin odunda ağırlık kaybına yol açtığı, sıcaklık ve sürenin artırılması ile ağaç malzemedeki kütle kayıplarının olduğu, dolayısıyla yoğunlukta da azalma meydana geldiği ifade etmişlerdir [259]. Isıl işlem sonucu odunda meydana gelen ağırlık kaybının; yapraklı ağaç odunlarında iğne yapraklılara kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir [7], [122], [260], [261]. Benzer sonuçlar, [127], [135], [137], [144], [140], [262]-[270] tarafından da ifade edilmiştir. Temel odun bileşenlerinin odunsu malzemesinde meydana gelen ağırlık kaybı ile bozulması, iç gerilimlerin daha az moleküler materyal üzerine dağıtılması sonucunu doğuracaktır. Bu durumun, odunun mukavemet özelliklerini azaltıcı etkisi olacaktır. Ancak, odunun daha düşük rutubet içeriğine sahip olmasının, ısıl işlem sonrası odunda oluşan ağırlık kaybından olumsuz etkilenen mukavemet özelliklerinin üzerinde olumlu etkisinin olduğu düşünülmektedir [65].

190 °C’de 1,5 saat ve 212 °C’de 2 saat ısıl işlem görmüş Amerikan dişbudak, Avrupa kızılığaacı, akkavak ve aksöğüt odunlarında tam kuru ve hava kurusu yoğunluk değerlerindeki azalmanın sebepleri şu şekilde açıklanabilir;

- Isıl işlem sıcaklığının ve süresinin artması,
- Isıl işlem esnasında odun bileşenlerinin degradasyonu (özellikle hemiselülozların),
- Isıl işlem esnasında hücre çeper bileşenlerinde meydana gelen kayıplar,
- Isıl işlem esnasında ekstraktiflerin buharlaşması sonucu odun bileşenlerinin miktarındaki azalma,
- Daha düşük denge rutubeti içeriğinin ağaç malzemedeki ağırlık kayıplarına yol açması, olarak söylenebilir.

### **3.2.3. Renk Farklılıklarına İlişkin Bulgular ve Tartışma**

#### *3.2.3.1. Kırmızı Renk Değeri ( $a^*$ ) İle İlgili Bulgular*

Farklı vernik çeşidinin uygulandığı ısıl işlem görmüş deney örneklerinin yaşlandırmaya tabi tutulması sonucu, kırmızı renk değerleri değişimi incelenerek farklılıklar tespit

edilmiş, elde edilen ortalama değerler Çizelge 3.5' te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Kırmızı renk ( $a^*$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Amerikan dışbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	5,51	13,38	14,26	17,71
			$S$	0,99	0,96	1,85	0,96
			$X_{min}$	4,01	11,66	10,26	16,59
			$X_{max}$	7,57	14,96	17,10	19,39
		Su bazlı	$\bar{x}$	5,48	13,53	14,67	15,25
			$S$	0,84	0,90	0,50	0,79
			$X_{min}$	4,50	11,90	14,05	14,09
			$X_{max}$	6,67	14,92	15,50	16,50
		Tik yağı	$\bar{x}$	7,81	15,36	14,40	13,51
			$S$	1,90	0,38	1,19	1,51
			$X_{min}$	5,53	14,82	12,53	11,63
			$X_{max}$	10,34	16,01	15,60	16,08
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	7,79	11,35	14,49	15,83
			$S$	0,97	0,72	1,08	0,95
			$X_{min}$	5,81	10,53	13,12	14,33
			$X_{max}$	9,06	12,67	16,73	16,94
		Su bazlı	$\bar{x}$	5,97	13,86	14,51	14,77
			$S$	0,29	0,18	0,24	0,43
			$X_{min}$	5,53	13,63	14,27	14,15
			$X_{max}$	6,46	14,16	14,93	15,63
		Tik yağı	$\bar{x}$	9,60	15,80	14,90	8,02
			$S$	1,00	0,64	0,84	0,72
			$X_{min}$	8,18	15,13	13,61	6,41
			$X_{max}$	11,73	17,09	16,04	9,26
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	7,86	10,63	8,75	7,32	
		$S$	0,91	1,32	0,92	0,37	
		$X_{min}$	6,28	8,18	7,53	6,90	
		$X_{max}$	9,49	12,20	10,36	7,95	
	Su bazlı	$\bar{x}$	6,89	8,40	9,72	8,76	
		$S$	0,52	0,50	0,92	0,66	
		$X_{min}$	6,12	7,60	8,48	7,69	
		$X_{max}$	7,46	8,90	11,20	9,61	
	Tik yağı	$\bar{x}$	6,92	5,49	5,57	5,40	
		$S$	0,96	0,38	0,44	1,10	
		$X_{min}$	5,41	4,98	4,73	3,78	
		$X_{max}$	8,41	5,97	6,04	6,98	
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	15,38	17,08	16,79	18,02
			$S$	0,49	0,31	0,30	0,56
			$X_{min}$	14,62	16,57	16,18	16,88
			$X_{max}$	16,01	17,58	17,10	19,07
		Su bazlı	$\bar{x}$	13,10	15,44	14,71	14,03
			$S$	0,44	0,31	0,28	0,32
			$X_{min}$	12,36	15,06	14,44	13,67
			$X_{max}$	13,87	16,07	15,29	14,59
		Tik yağı	$\bar{x}$	18,79	17,49	15,50	12,17
			$S$	0,45	0,29	0,27	1,38
			$X_{min}$	18,00	17,10	15,13	9,61
			$X_{max}$	19,53	18,05	16,01	13,82

Çizelge 3.5. (devam). Kırmızı renk (a\*) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Avrupa kızılacağı	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	9,29	11,37	14,26	14,00
			S	0,28	0,32	0,43	0,44
			<i>X min</i>	8,61	10,91	13,41	13,23
			<i>X max</i>	9,59	11,87	14,75	14,56
		Su bazlı	$\bar{x}$	10,73	12,52	11,77	12,76
			S	0,21	0,46	0,75	0,39
			<i>X min</i>	10,40	11,49	10,56	12,26
			<i>X max</i>	11,04	13,09	12,83	13,71
		Tik yağı	<i>X min</i>	12,97	13,16	13,93	11,31
			S	0,47	0,76	0,51	1,31
			<i>X min</i>	12,15	12,08	13,23	9,89
			<i>X max</i>	13,65	14,99	14,81	13,14
	212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	12,06	12,63	12,94	13,35
			S	0,43	0,62	0,36	0,21
			<i>X min</i>	11,01	11,99	12,60	13,04
			<i>X max</i>	12,49	13,93	13,67	13,75
		Su bazlı	$\bar{x}$	10,21	11,08	11,45	10,55
			S	0,30	0,24	0,38	0,29
			<i>X min</i>	9,55	10,76	11,09	9,79
			<i>X max</i>	10,51	11,43	12,21	10,82
		Tik yağı	$\bar{x}$	12,80	13,09	9,88	10,92
			S	0,35	0,43	0,38	0,20
			<i>X min</i>	12,39	12,23	9,16	10,66
			<i>X max</i>	13,28	13,55	10,48	11,20
Akkavak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	6,96	13,58	15,25	16,73
			S	1,16	1,34	0,69	0,94
			<i>X min</i>	5,40	11,82	14,45	14,81
			<i>X max</i>	8,24	15,90	16,39	18,18
		Su bazlı	$\bar{x}$	8,38	13,68	14,47	13,84
			S	0,71	0,46	0,42	0,28
			<i>X min</i>	7,64	13,28	13,92	13,33
			<i>X max</i>	9,57	14,60	15,03	14,21
		Tik yağı	$\bar{x}$	5,60	15,12	13,25	13,36
			S	0,73	0,37	0,86	0,61
			<i>X min</i>	4,73	14,19	11,86	12,41
			<i>X max</i>	7,19	15,53	14,22	14,39
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	10,24	13,25	14,62	14,77
			S	0,62	0,62	0,77	0,99
			<i>X min</i>	9,10	12,23	13,72	13,34
			<i>X max</i>	11,20	14,21	15,94	16,12
		Su bazlı	$\bar{x}$	8,26	11,97	12,64	12,71
			S	0,27	0,19	0,74	0,64
			<i>X min</i>	7,74	11,72	11,79	11,96
			<i>X max</i>	8,64	12,37	13,85	13,62
		Tik yağı	$\bar{x}$	10,10	15,23	15,35	12,47
			S	0,87	0,39	0,36	1,09
			<i>X min</i>	9,07	14,54	15,01	11,63
			<i>X max</i>	11,28	15,75	16,13	14,81
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	10,61	11,80	12,00	11,12	
		S	1,37	0,27	0,60	1,61	
		<i>X min</i>	8,22	11,29	11,05	8,60	
	Su bazlı	<i>X max</i>	12,16	12,11	12,77	12,91	
		$\bar{x}$	11,13	10,68	10,53	9,81	

Çizelge 3.5. (devam). Kırmızı renk (a\*) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Akkavak	212 °C 2 saat	Su bazlı	$S$	0,21	0,15	0,51	0,61
			$X_{min}$	10,82	10,39	9,27	9,08
			$X_{max}$	11,59	10,88	11,00	10,46
		Tik yağı	$\bar{x}$	8,37	9,02	10,77	8,10
			$S$	1,31	0,77	0,84	0,71
			$X_{min}$	6,54	8,12	9,37	7,02
Aksöğüt	Isıl İşlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	15,55	18,97	17,03	16,22
			$S$	0,60	0,46	1,00	0,72
			$X_{min}$	14,71	18,30	15,63	14,56
			$X_{max}$	16,68	19,97	18,21	16,96
		Su bazlı	$\bar{x}$	14,69	15,51	12,74	12,35
			$S$	0,47	0,63	0,56	0,75
			$X_{min}$	13,85	14,83	11,81	11,44
			$X_{max}$	15,47	16,68	13,60	14,24
		Tik yağı	$\bar{x}$	20,23	18,54	15,97	13,39
			$S$	1,26	0,73	1,65	1,64
			$X_{min}$	18,69	17,09	13,03	10,67
			$X_{max}$	22,70	19,64	17,94	15,99
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	14,83	16,15	15,54	16,30
			$S$	0,71	0,40	0,55	0,72
			$X_{min}$	14,11	15,60	14,76	15,07
			$X_{max}$	15,91	16,87	16,38	17,13
		Su bazlı	$\bar{x}$	13,22	14,71	14,58	13,28
			$S$	0,92	0,39	0,55	0,76
			$X_{min}$	11,60	14,12	13,70	11,69
			$X_{max}$	14,60	15,15	15,44	14,39
		Tik yağı	$\bar{x}$	16,34	18,31	13,09	10,93
			$S$	0,56	0,50	1,25	0,77
			$X_{min}$	15,43	17,22	11,15	9,47
			$X_{max}$	17,04	18,82	14,55	12,08
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	7,06	6,48	12,70	10,17	
		$S$	0,60	0,60	1,56	0,56	
		$X_{min}$	6,33	5,52	10,56	9,66	
		$X_{max}$	8,41	7,21	14,82	11,41	
	Su bazlı	$\bar{x}$	9,86	7,96	8,80	8,22	
		$S$	0,56	0,16	0,29	0,19	
		$X_{min}$	8,89	7,69	8,52	7,92	
		$X_{max}$	10,78	8,21	9,26	8,50	
	Tik yağı	$\bar{x}$	6,36	7,86	9,15	5,60	
		$S$	0,89	0,35	0,71	0,27	
		$X_{min}$	5,26	7,30	7,98	5,29	
		$X_{max}$	7,88	8,40	10,15	6,06	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama,  $S$ : Standart sapma,  $X_{min}$ : En küçük değer,  $X_{max}$ : En büyük değer

\*\* : Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Kırmızı renk değeri (a\*), ağaç malzeme türü, ısıl işlem periyodu, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Kırmızı renk değerlerine (a\*) ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç türü (A)	3	1384,638	461,546	788,367	0,000*
Isıl işlem (B)	2	5646,699	2823,350	4822,567	0,000*
Vernik çeşidi (C)	2	354,783	177,391	303,003	0,000*
Yaşlandırma periyodu (D)	3	1631,823	543,941	929,106	0,000*
Etkileşim (AB)	6	1681,123	280,187	478,588	0,000*
Etkileşim (AC)	6	156,461	26,077	44,542	0,000*
Etkileşim (AD)	9	1378,254	153,139	261,578	0,000*
Etkileşim (BC)	4	294,389	73,597	125,711	0,000*
Etkileşim (BD)	6	565,788	94,298	161,070	0,000*
Etkileşim (CD)	6	950,307	158,384	270,537	0,000*
Etkileşim (ABC)	12	261,184	21,765	37,177	0,000*
Etkileşim (ABD)	18	1247,527	69,307	118,383	0,000*
Etkileşim (ACD)	18	308,170	17,121	29,244	0,000*
Etkileşim (BCD)	12	256,586	21,382	36,523	0,000*
Etkileşim (ABCD)	36	510,155	14,171	24,205	0,000*
Error	1296	758,737	0,585		
Total	1439	17386,625			

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

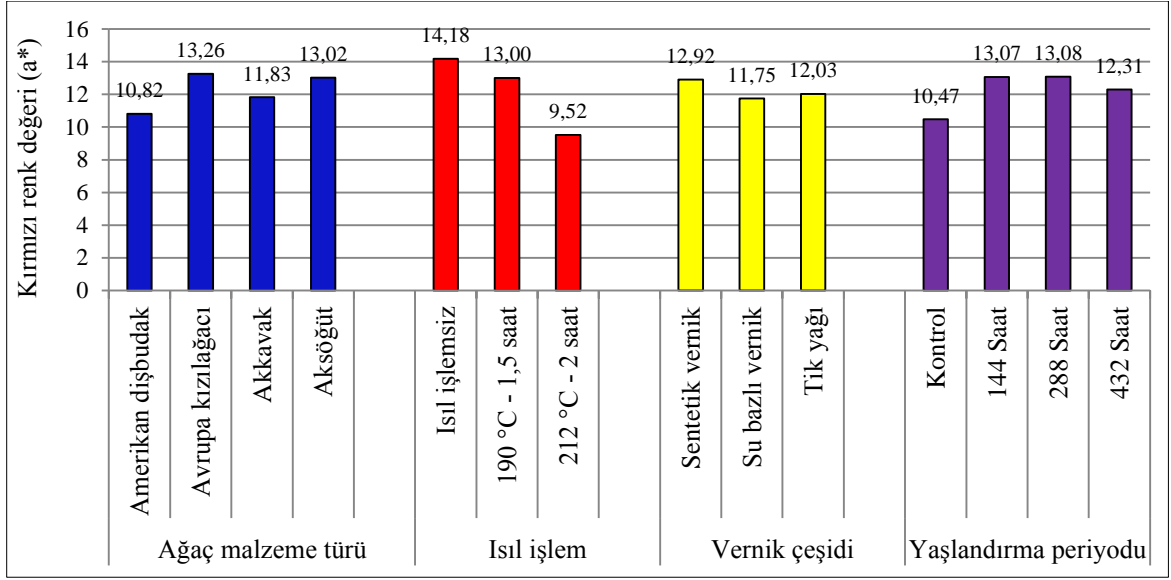
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ( $\alpha=0,05$ ).

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, vernik çeşidi, ısıl işlem ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.7'de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik ise Şekil 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	10,82	D	LSD $\pm$ 0,06743
	Avrupa kızılbaş	13,26	A*	
	Akkavak	11,83	C	
	Aksöğüt	13,02	B	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	14,18	A*	LSD $\pm$ 0,35720
	190 °C - 1,5 saat	13,00	B	
	212 °C - 2 saat	9,52	C	
Vernik çeşidi	Sentetik vernik	12,92	A*	LSD $\pm$ 0,22443
	Su bazlı vernik	11,75	C	
	Tik yağı	12,03	B	
Yaşlandırma periyodu	Kontrol	10,47	C	LSD $\pm$ 0,07946
	144 Saat	13,07	A*	
	288 Saat	13,08	A*	
	432 Saat	12,31	B	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri



Şekil 3.3. Ağaç malzeme türü, ısı işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde kırmızı renk değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Kırmızı renk değeri, ağaç malzeme düzeyinde; en yüksek Avrupa kızılacağında, en düşük Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek ısı işlemiş örneklerde, en düşük 212 °C - 2 saat ısı işlem uygulamasında görülmüştür. Vernik çeşidi düzeyinde; en yüksek sentetik vernikte, en düşük su bazlı vernikte tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodu düzeyinde; en yüksek 144 ve 288 saat uygulamalarında, en düşük kontrol örneğinde bulunmuştur. Ağaç malzeme türü - ısı işlem etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Ağaç malzeme türü - ısı işlem etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AB**	Isıl işlemsiz		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	12,57	C	12,24	CD	7,64	G
Avrupa kızılacağı	15,71	A*	12,34	CD	11,75	D
Akkavak	12,52	C	12,63	C	10,33	E
Aksöğüt	15,93	A*	14,77	B	8,35	F
LSD $\pm$ 0,70897						

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem

Kırmızı renk değeri; ağaç malzeme türü - ısı işlem etkileşimi düzeyinde en yüksek ısı işlemiş Avrupa kızılacağı ve aksöğütte, en düşük; 212 °C’de 2 saat ısı işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	11,24	F	10,98	FG	10,23	G
Avrupa kızılağacı	13,93	A*	12,36	CD	13,50	AB
Akkavak	12,58	C	11,51	DEF	11,40	EF
Aksöğüt	13,92	A*	12,16	CDE	12,98	BC
LSD $\pm$ 0,65983						

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi

Kırmızı renk değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde en yüksek sentetik vernik uygulanmış Avrupa kızılağacı ve aksöğütte, en düşük; tik yağı uygulanmış Amerikan dişbudakta bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	7,09	F	11,98	D	12,36	CD	11,84	D
Avrupa kızılağacı	12,82	ABCD	13,76	A*	13,47	AB	13,01	ABC
Akkavak	8,85	E	12,70	BCD	13,21	ABC	12,55	BCD
Aksöğüt	13,13	ABC	13,83	A*	13,29	ABC	11,83	D
LSD $\pm$ 0,44744								

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, D: Yaşlandırma periyodu

Kırmızı renk değeri; ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu düzeyinde, en yüksek 144 saat yaşlandırma periyoduna tabi tutulmuş Avrupa kızılağacı ve aksöğütte, en düşük; kontrol örneğinde Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur.

Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	14,90	A*	13,24	B	14,41	A*
190 °C - 1,5 saat	13,38	B	12,39	C	13,22	B
212 °C - 2 saat	10,47	D	9,63	E	8,46	F
LSD $\pm$ 0,16128						

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri  
 \*\*: B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi

Kırmızı renk değeri; ısıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek sentetik vernik ve tik yağı uygulanmış ısıl işlemsiz örneklerde, en düşük; tik yağı uygulanmış 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında elde edilmiştir.

Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	11,46	F	15,64	A*	14,92	B	14,72	BC
190 °C - 1,5 saat	10,78	G	13,97	D	14,14	CD	13,10	E
212 °C - 2 saat	9,18	I	9,59	HI	10,19	GH	9,11	I
LSD $\pm$ 0,23860								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri  
 \*\*: B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Kırmızı renk değeri; ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, ısıl işlem görmemiş, 144 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş örneklerde, en düşük; 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasındaki kontrol örneklerinde ve 432 saat yaşlandırmaya maruz bırakılmış örneklerde bulunmuştur.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.13. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör CD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sentetik vernik	10,26	E	13,06	BC	14,05	A*	14,30	A*
Su bazlı vernik	9,83	E	12,44	C	12,55	C	12,19	C
Tik yağı	11,33	D	13,71	AB	12,65	C	10,43	E
LSD $\pm$ 0,40077								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri

\*\* : C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Kırmızı renk değeri; vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış 432 saat ve 288 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş örneklerde, en düşük; sentetik ve su bazlı vernik uygulanmış kontrol örneklerinde ve tik yağı uygulanmış 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş örneklerde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem faktörü - vernik çeşidi etkileşime ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.14'de verilmiştir.

Çizelge 3.14. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC**		Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	12,72	FGHI	12,23	GHIİ	12,77	EFGHI
	190 °C - 1,5 saat	12,39	GHIİ	12,28	GHIİ	12,08	GHIİ
	212 °C - 2 saat	8,64	L	8,44	L	5,84	N
Avrupa kızılbaşacı	Isıl işlemsiz	16,88	A*	14,32	CD	15,99	AB
	190 °C - 1,5 saat	12,23	GHIİ	11,94	HIİJ	12,84	EFGHI
	212 °C - 2 saat	12,74	FGHI	10,82	JK	11,67	İJK
Akkavak	Isıl işlemsiz	13,13	EFGH	12,59	GHIİ	11,83	İJ
	190 °C - 1,5 saat	13,22	DEFG	11,40	İJK	13,29	DEFG
	212 °C - 2 saat	11,38	İJK	10,54	K	9,06	L
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	16,94	A*	13,83	CDEF	17,03	A*
	190 °C - 1,5 saat	15,71	B	13,95	CDE	14,67	C
	212 °C - 2 saat	9,10	L	8,71	L	7,24	M
LSD $\pm$ 0,95390							

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, C: Vernik çeşidi

Kırmızı renk değeri; ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, tik yağı uygulanmış ısıt işlemsiz aksöğütte, sentetik vernik uygulanmış ısıt işlemsiz Avrupa kızılbaşacında ve aksöğütte, en düşük; tik yağı uygulanmış, 212 °C - 2 saat ısıt işlem görmüş Amerikan dişbudakta bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çizelge 3.15. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ( $a^*$ ) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıt işlemsiz	6,26	Y	14,09	HIİJ	14,45	GHIİ	15,49	CDEF
	190 °C - 1,5 saat	7,79	TUV	13,67	İJK	14,63	FGHI	12,87	KLM
	212 °C - 2 saat	7,22	TUV	8,17	T	8,01	TU	7,16	UV
Avrupa kızılacağı	Isıt işlemsiz	15,76	CD	16,67	B	15,67	CDE	14,74	EFGH
	190 °C - 1,5 saat	110,00	OP	12,35	MN	13,32	JKL	12,69	LM
	212 °C - 2 saat	11,69	NO	12,27	MN	11,42	NO	11,60	NO
Akkavak	Isıt işlemsiz	6,98	VY	14,13	HIİJ	14,32	GHIİ	14,64	FGHI
	190 °C - 1,5 saat	9,53	S	13,48	İJKL	14,20	HIİJ	13,32	JKL
	212 °C - 2 saat	10,04	RS	10,50	PR	11,10	OP	9,678	RS
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	16,82	B	17,67	A*	15,24	DEFG	13,99	HIİJ
	190 °C - 1,5 saat	14,80	EFGH	16,39	BC	14,41	GHIİ	13,50	İJKL
	212 °C - 2 saat	7,76	TUV	7,43	TUV	10,22	PRS	8,00	TU
LSD $\pm$ 0,35074									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Kırmızı renk değeri; ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, 144 saat yaşlandırmaya maruz bırakılmış ısıt işlemsiz aksöğütte, en düşük; yaşlandırma ve ısıt işlem uygulanmamış Amerikan dişbudakta bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü – vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.16’de verilmiştir.

Çizelge 3.16. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Sentetik vernik	7,05	NO	11,79	İJ	12,50	FGHIİJ	13,62	ABCDEFGH I
	Su bazlı vernik	6,11	O	11,93	İİJ	12,97	CDEFGHIİ J	12,93	CDEFGHIİJ
	Tik yağı	8,11	MN	12,22	GHIİJ	11,62	İJ	8,98	LM
Avrupa kızılacağı	Sentetik vernik	12,24	GHIİJ	13,69	ABCDEFGH I	14,66	ABC	15,12	A*
	Su bazlı vernik	11,35	İJK	13,01	CDEFGHIİJ	12,64	EFGHIİJ	12,44	FGHIİJ
	Tik yağı	14,85	AB	14,58	ABCD	13,10	CDEFGHIİ J	11,47	İJK
Akkavak	Sentetik vernik	9,27	LM	12,88	DEFGHIİJ	13,95	ABCDEF G	14,21	ABCDEF
	Su bazlı vernik	9,26	LM	12,11	HIİJ	12,55	EFGHIİJ	12,12	HIİJ
	Tik yağı	8,02	MN	13,12	BCDEFGH I	13,122	BCDEFGH II	11,31	İJK
Aksöğüt	Sentetik vernik	12,48	FGHIİJ	13,87	ABCDEF G H	15,09	A*	14,23	ABCDEF
	Su bazlı vernik	12,59	EFGHIİJ	12,73	EFGHIİJ	12,04	İİJ	11,28	JK
	Tik yağı	14,31	ABCDE	14,90	A*	12,74	EFGHIİJ	9,97	KL
LSD $\pm$ 0,08664									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri  
\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Kırmızı renk değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, tik yağı uygulanmış 144 saat yaşlandırmaya maruz bırakılmış aksöğütte, sentetik vernik uygulanmış 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş Avrupa kızılacağı ve sentetik vernik uygulanmış 288 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş aksöğütte, en düşük; su bazlı vernik uygulanmış, kontrol örneğinde Amerikan dişbudakta bulunmuştur.

Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.17'de verilmiştir.

Çizelge 3.17. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	10,85	JK	15,76	BC	15,83	BC	17,17	A*
	Su Bazlı vernik	10,41	KLM	14,54	DEF	14,15	EFGH	13,87	FGH
	Tik yağı	13,11	HI	16,63	AB	14,78	CDEF	13,11	HI
190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	10,54	JKLM	13,03	HI	14,73	CDEF	15,23	CDE
	Su Bazlı vernik	9,55	LMN	13,27	GHI	13,37	GHI	13,38	GHI
	Tik yağı	12,25	İİ	15,63	BCD	14,32	EFG	10,68	JKL
212 °C 2 saat	Sentetik vernik	9,40	MN	10,38	KLM	11,60	İJ	10,49	JKLM
	Su Bazlı vernik	9,52	LMN	9,53	LMN	10,12	KLM	9,34	MN
	Tik yağı	8,61	N	8,86	N	8,84	N	7,50	O
LSD $\pm$ 0,09371									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri

\*\* : B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Kırmızı renk değeri; ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış, 432 saat yaşlandırılmış, ısıl işlemsiz örneklerde, en düşük; tik yağı uygulanmış, 432 saat yaşlandırılmış, 212 °C - 2 saat ısıl işleme tabi tutulmuş örneklerde bulunmuştur. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.20'de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.18. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dışbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	5,51	Z46	13,38	Z9Z10Z11Z12Z13Z14Z15	14,26	Z1Z2Z3Z4Z5Z6Z7Z8	17,71	DEF
		Su bazlı vernik	5,48	Z46	13,53	Z8Z9Z10Z11Z12Z13Z14	14,67	TUVYZZ1Z2Z3Z4Z5	15,25	OPRSTUVY
		Tik yağı	7,81	Z41Z42	15,36	NOPRSTUV	14,40	ZZ1Z2Z3Z4Z5Z6Z7	13,51	Z8Z9Z10Z11Z12Z13Z14
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	7,79	Z41Z42	11,35	Z24Z25Z26Z27Z2811,354	14,49	YZZ1Z2Z3Z4Z5Z6	15,83	KLMNOP
		Su bazlı vernik	5,97	Z45Z46	13,86	Z5Z6Z7Z8Z9Z10Z11	14,51	YZZ1Z2Z3Z4Z5Z6	14,77	RSTUVYZZ1Z2Z3
		Tik yağı	9,60	Z34Z35Z36	15,80	KLMNOP	14,90	RSTUVYZZ1	8,02	Z40Z41Z42
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	7,86	Z41Z42	10,63	Z27Z28Z29Z30Z31Z32	8,75	Z37Z38Z39Z40	7,32	Z42Z43
		Su bazlı vernik	6,89	Z43Z44	8,40	Z38Z39Z40Z41	9,72	Z34Z35Z36	8,76	Z37Z38Z39Z40
		Tik yağı	6,92	Z43Z44	5,49	Z46	5,57	Z46	5,40	Z46
Avrupa kızılâğacı	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	15,38	NOPRSTUV	17,08	FGH	16,79	GHIİ	18,02	CDE
		Su bazlı vernik	13,10	Z10Z11Z12Z13Z14Z15Z16Z17Z18	15,44	MNOPRSTU	14,71	STUVYZZ1Z2Z3Z4	14,03	Z2Z3Z4Z5Z6Z7Z8Z9
		Tik yağı	18,79	B	17,49	EFG	15,50	MNOPRST	12,17	Z19Z20Z21Z22Z23

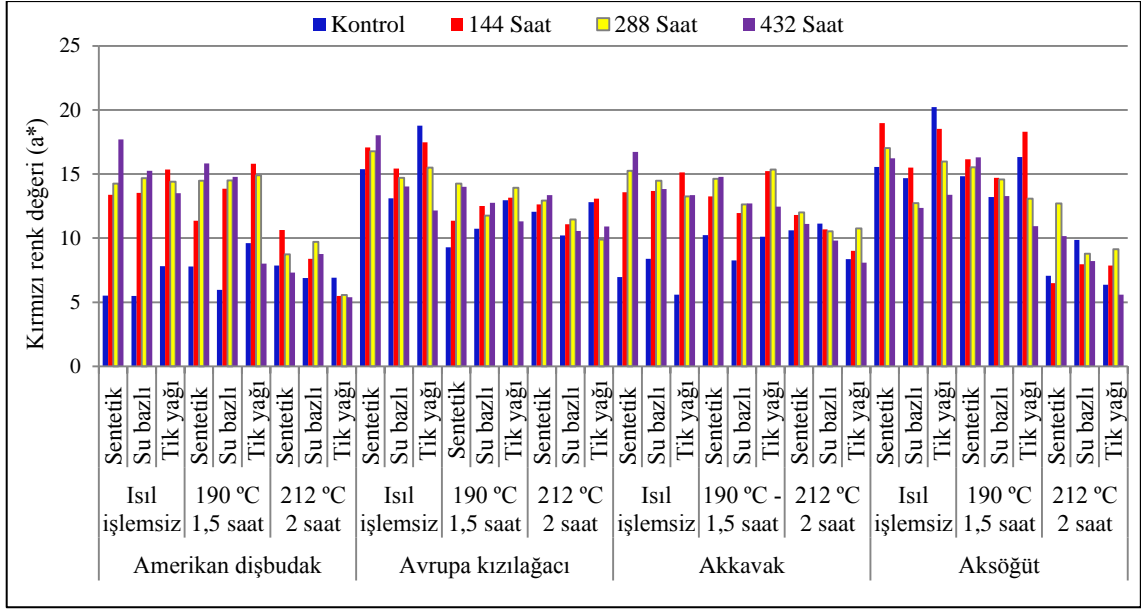
Çizelge 3.18. (devam). Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine (a\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Avrupa kızılâğacı	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	9,29	Z35Z36Z37	11,37	Z24Z25Z26Z27	14,26	Z1Z2Z3Z4Z5Z6 Z7Z8	14,00	Z3Z4Z5Z6Z7Z8 Z9
		Su bazlı vernik	10,73	Z26Z27Z28Z 29Z30Z31	12,52	Z16Z17Z18Z19 Z20Z21Z22	11,77	Z22Z23Z24Z25	12,76	Z13Z14Z15Z16 Z17Z18Z19Z20 Z21
		Tik yağı	12,97	Z12Z13Z14Z 15Z16Z17Z1 8Z19	13,16	Z10Z11Z12Z13 Z14Z15Z16Z17 Z18	13,93	Z4Z5Z6Z7Z8Z9 Z10	11,31	Z24Z25Z26Z27 Z28Z29
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	12,06	Z20Z21Z22Z 23Z24	12,63	Z15Z16Z17Z18 Z19Z20Z21	12,94	Z12Z13Z14Z15 Z16Z17Z18Z19	13,35	Z9Z10Z11Z12Z 13Z14Z15Z16
		Su bazlı vernik	10,21	Z30Z31Z32Z 33Z34	11,08	Z25Z26Z27Z28 Z29	11,45	Z23Z24Z25Z26	10,55	Z28Z29Z30Z31 Z32Z33
		Tik yağı	12,80	Z13Z14Z15Z 16Z17Z18Z1 9Z20	13,09	Z11Z12Z13Z14 Z15Z16Z17Z18	9,88	Z32Z33Z34Z35	10,92	Z26Z27Z28Z29 Z30
Akkavak	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	6,96	Z43Z44	13,58	Z8Z9Z10Z11Z1 Z2Z13	15,25	OPRSTUVY	16,73	HIİJ
		Su bazlı vernik	8,38	Z38Z39Z40Z 41	13,68	Z7Z8Z9Z10Z11 Z12	14,47	YZZ1Z2Z3Z4Z 5Z6Z7	13,84	Z6Z7Z8Z9Z10Z 11
		Tik yağı	5,60	Z46	15,12	PRSTUVYZ	13,25	Z9Z10Z11Z12Z 13Z14Z15Z16Z 17	13,36	Z9Z10Z11Z12Z 13Z14Z15
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	10,24	Z30Z31Z32Z 33Z34	13,25	Z9Z10Z11Z12Z 13Z14Z15Z16Z1 7	14,62	UVYZZ1Z2Z3Z 4Z5Z6	14,77	RSTUVYZZ1Z2 Z3
		Su bazlı vernik	8,26	Z39Z40Z41	11,97	Z21Z22Z23Z24	12,64	Z15Z16Z17Z18 Z19Z20Z21	12,71	Z14Z15Z16Z17 Z18Z19Z20Z21
		Tik yağı	10,10	Z31Z32Z33Z 34	15,23	OPRSTUVY	15,35	NOPRSTUV	12,47	Z17Z18Z19Z20 Z21Z22
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	10,61	Z27Z28Z29Z 30Z31Z32Z3 3	11,80	Z22Z23Z24Z25	12,00	Z20Z21Z22Z23 Z24	11,12	Z25Z26Z27Z28 Z29
		Su bazlı vernik	11,13	Z25Z26Z27Z 28Z29	10,68	Z26Z27Z28Z29 Z30Z31	10,53	Z29Z30Z31Z32 Z33	9,81	Z33Z34Z35
		Tik yağı	8,37	Z39Z40Z41	9,02	Z36Z37Z38Z39	10,77	Z26Z27Z28Z29 Z30Z31	8,10	Z40Z41Z42
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	15,55	LMNOPR	18,97	B	17,03	FGHI	16,22	İJKLM
		Su bazlı vernik	14,69	STUVYZZ1 Z2Z3Z4	15,51	MNOPRS	12,74	Z14Z15Z16Z17 Z18Z19Z20Z21	12,35	Z18Z19Z20Z21 Z22
		Tik yağı	20,23	A*	18,54	BC	15,97	JKLMNO	13,39	Z9Z10Z11Z12Z 13Z14Z15
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	14,83	RSTUVYZZ 1Z2	16,15	İJKLMN	15,54	LMNOPR	16,30	İİJKL
		Su bazlı vernik	13,22	Z9Z10Z11Z1 2Z13Z14Z15 Z16Z17	14,71	STUVYZZ1Z2Z 3Z4	14,58	VYZZ1Z2Z3Z4 Z5Z6	13,28	Z9Z10Z11Z12Z 13Z14Z15Z16Z1 7
		Tik yağı	16,34	HIİJK	18,31	BCD	13,09	Z11Z12Z13Z14 Z15Z16Z17Z18	10,93	Z26Z27Z28Z29 Z30
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	7,06	Z43Z44	6,48	Z44Z45	12,70	Z14Z15Z16Z17 Z18Z19Z20Z21	10,17	Z30Z31Z32Z33 Z34
		Su bazlı vernik	9,86	Z32Z33Z34Z 35	7,96	Z41Z42	8,80	Z37Z38Z39Z40	8,22	Z40Z41
		Tik yağı	6,36	Z44Z45	7,86	Z41Z42	9,15	Z35Z36Z37Z38	5,60	Z46

LSD  $\pm$  0,12421

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek kırmızı renk değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.4. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde kırmızı renk değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Kırmızı renk değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, tik yağı uygulanmış yaşlandırma uygulanmamış ısıl işlemsiz aksöğüt odununda görülürken, en düşük; sentetik ve su bazlı vernik uygulanmış kontrol örneğinde ısıl işlemsiz Amerikan dişbudak odununda, tik yağı uygulanmış 288 ve 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda, tik yağı uygulanmış kontrol örneğinde ısıl işlemsiz akkavak odununda ve tik yağı uygulanmış 432 saat yaşlandırmaya maruz bırakılmış 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş aksöğüt odununda elde edilmiştir.

### 3.2.3.2. Kırmızı Renk Değeri (a\*) İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.7'ye göre, kırmızı renk değeri, ağaç malzeme türü düzeyinde en yüksek Avrupa kızılğacında görülürken, bunu azalarak sırası ile aksöğüt, akkavak ve Amerikan dişbudak odunları takip etmiştir. Odunda oluşan genel renk değişimi, odun yüzeyinin koyulaşması olarak karakterize edilmektedir [271], [272]. Genel renk değişimindeki farkın ana nedeninin, ağaç malzemelerin anatomik yapısı, doğal rengi, hemiselüloz, lignin ve ekstraktif madde oranlarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Avrupa kızılğacı odununda bulunan kırmızı renk pigment oranının diğer ağaç malzemelere kıyasla daha fazla sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Amerikan dişbudak odununa ait kırmızı renk oranının düşük çıkmasının sebebi ise yapısının açık sarımsı beyaz renk ihtiva ediyor olmasından

kaynaklandığı söylenebilir. Ligninin, ısıl işlemin etkisiyle odunun renklenmesinden sorumlu önemli bir bileşen olduğu ileri sürülmüştür [272], [273]. Stilben yapısında olan fenolik ekstraktların, ısıl işlem sırasında renk değişimlerine neden olduğu bulunmuştur [272], [274]. Fenolik ekstraktların yanı sıra, ısıl işlem uygulamasından kaynaklanan hemiselüloz ve ligninde meydana gelen bozunma ürünlerinin, odunun renklenmesinin nedenlerinden biri olabileceği belirtmiştir [272], [275].

Çizelge 3.7'ye göre, kırmızı renk değeri; ısıl işlem düzeyinde, en yüksek ısıl işlemsiz örneklerde, en düşük değer; 212 °C'de 2 saat ısıl işlem uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça kırmızı renk değerinin düştüğü görülmektedir. Literatürde [52], [75], [139], [276]-[279], ısıl işlem sıcaklığı arttıkça ağaç malzemenin renginin koyulaştığı ifade edilmektedir. Bu koyulaşmanın sebebi, hemiselülozların bozulma reaksiyonlarına, daha sonrasında meydana gelen düşük molekül ağırlıklı şekerlerin oluşumuna ve ayrıca kinonlar gibi oksidasyon ürünlerinin oluşumuna bağlanmaktadır [86], [280]-[282]. Isıl işlem uygulamasına bağlı olarak, odunda artan ekstraktif ve lignin içeriğinin, odun renginde meydana gelen kararmanın diğer sebeplerinden biri olarak düşünülmektedir [54]. Bu durum, odunun termal degradasyonun 100 °C sıcaklık sınırından itibaren başladığı, 200 °C nin üzerinde ise, gaz fazındaki degradasyon ürünlerinin açığa çıkması, odun bileşenlerinin tamamen dönüşmesi ve yapısal hasar gibi oluşumların meydana gelmesi şeklinde açıklanmaktadır [52], [75]. Bunun yanında, ağaç malzemedeki su ve uçucu ekstraktiflerin kaybıyla 140 °C nin altındaki sıcaklıklarda yoğunlaşabilen parçacıkların oluşmaya başladığı, bu sıcaklıkların üzerinde hücre duvarı polimerlerine bağlı olan daha gevşek yapılardan oluşan selülar parçalanma ürünlerinin oluşumunun gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu durum özellikle hemiselülozun parçalanmasıyla meydana gelen asetik asit formasyonundan kaynaklandığı belirtilmiştir. Ayrıca, odun ısıtılmaya devam ederken yoğunlaşan gazların (özellikle CO<sub>2</sub>) oluşumu kadar formik asit ve metanol oluşumu da bu şekilde etki yapabilmektedir. 140 °C sıcaklıkların üzerinde - suyun yapı taşı olarak adlandırılan dehidrasyon reaksiyonlarının başlaması, hidroksil içeriğinde düşüş meydana gelmesine ve sıcaklığın artmasıyla rengin koyulaşmasında etkili olduğu ifade edilmiştir [34]. Sıcaklığın, ağaç malzemenin pH değerini azaltarak daha asidik bir yapıya sahip olmasına sebep olduğunu ve bu durumun odunun kırmızı renk (a\*) değerini artırıcı etki yaptığını bildirilmiştir [283]. Isıl işlem sırasında lignin gibi maddelerin ve bazı ekstraktiflerin yoğunlaştığı ve yan ürünleri oluşturabildikleri tespit edilmiştir. Bu durumun odunda

kırmızı renk tonu yoğunluğunun artışına katkıda bulunabileceğini doğrulayan çalışmalar bulunmaktadır. Polifenol içeriğinin artmasının, odunun kırmızı renk tonunun artmasına yol açtığı belirtilmiştir [284]. Avrupa gümüş köknar odununa 60 dakika süreyle 100 °C, 150 °C, 200 °C, 220 °C, 240 °C, 260 °C ve 280 °C' lik yedi farklı sıcaklıkta ısıtma işlemi uygulanmıştır. En yüksek renk değişikliği 200 °C ve 220 °C sıcaklıklar arasında görülmüştür. Bu sıcaklık aralığında kırmızı renk değerinin maksimum değere ulaştığı, ayrıca zıt renk olan yeşil renge doğru değişim gösterdiğini gözlemlenmiştir. 200 °C'nin dönüm noktası olduğu ve sonrasında odunun karardığı belirtilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda sıcaklığın tüm renk değerleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu sonucuna varılmışlardır [54]. Yapılan bir başka çalışmada, Meşe, huş ve çam odununa dört farklı sıcaklıkta (160 °C, 180 °C, 210 °C, 240 °C) ısıtma işlemi uygulanmıştır. Aynı odun örneklerinin kırmızı renk değerlerinin 210 °C'ye kadar kademeli olarak yükseldiği, daha sonrasında ise ısıtma işlemi görmemiş odun örneklerinin sahip oldukları kırmızı renk değerlerinin altına düştüğü belirlenmiştir. Ancak, çam odunu örneklerinde kırmızı renk değerleri 180 °C'ye kadar kademeli olarak yükselmiş sonrasında azalmıştır. 240 °C'deki kırmızı renk değerleri ise ısıtma işlemi görmemiş örneklerden daha yüksek bulunmuştur [272].

Çizelge 3.7'ye göre, kırmızı renk değeri, vernik çeşidi düzeyinde en yüksek sentetik vernikte görülürken, en düşük su bazlı vernikte bulunmuştur. UVA-340 nm lamba ışınları ile uzun süreli yaşlandırma yapıldığında, vernik katmanında yaptığı renk değiştirici etkiden dolayı kırmızı renk değerinin değiştiği bildirilmiştir [181]. İroko ve sarıçam deney örnekleri üzerinde su bazlı tek ve çift bileşenli vernikleri iki ve üçer kat olarak uygulamış, iki kat uygulanan su bazlı çift bileşenli verniğin diğer uygulamalara göre daha yüksek kırmızı renk değeri verdiği ifade edilmiştir [113]. Sarıçam, meşe, Doğu kayını deney örneklerinde uygulanan çift bileşenli ve tek bileşenli su bazlı verniklerin, birbirleri arasında kırmızı renk değerini etkileyecek önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir [181] Su bazlı tek ve çift bileşenli verniğin kırmızı renk değeri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı, bunun nedeninin ise her iki vernik çeşidinin şeffaf alifatik poliüretan reçine içerdiğinden katman rengini etkilemediği bildirilmiştir [286].

Çizelge 3.7'ye göre, kırmızı renk değeri, yaşlandırma periyodu düzeyinde en yüksek 144 ve 288 saat yaşlandırma periyodlarında, en düşük kontrol örneğinde ortaya çıkmıştır. Yaşlandırma periyodunda 288 saate kadar kırmızı renk değerinde artış

olduğu, 288 saatten sonra düşüş yaşanmaya başlandığı söylenebilir.

[164] çalışmalarında, UV ışınlarının, ağaç malzeme üzerinde renk değiştirici bir etki yaptığını ifade etmişlerdir. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonunda deney örneklerinin pozitif a\* ve b\* değerlerini gösterdiği, yaşlandırma işlemi sonunda kırmızılaşma ve sarılaşma oluştuğunu göstermektedir [287]. Zenon arc lambası ile yapılan hızlandırılmış yaşlandırmada, kırmızı renk tonu değerine en az etkinin kontrol örneklerinde uygulamada olduğu, 288 saat ve 144 saatlik yaşlandırma periyodlarında ise kırmızı renk değerlerinin arttış gösterdiği, ancak 288 saat uygulamasından sonra, kırmızı renk değerinde bir miktar azalma meydana geldiğini bildirmiştir [113]. UVB-313 El tipi lamba ile hızlandırılmış yaşlandırma uygulanan verniksiz yabancı kiraz odunu deney örneklerinde, kırmızı renk değerinin azalma yönünde eğilim gösterdiği, ekstrem değerlere 864 saatlik yaşlandırma sonucunda ulaşıldığı bildirilmiştir [144]. Sıcak, soğuk yaşlandırmaya maruz kalan deney örneklerinin, kontrol örneklerine, göre kırmızı renk değerlerinin artış gösterdiği belirtilmiştir [286].

Çizelge 3.18'e göre, kırmızı renk değeri, ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde (ABCD), en yüksek tik yağı uygulanmış, yaşlandırma uygulanmamış, ısıl işlemsiz aksöğüt odununda tespit edilmiştir. Isıl işlem ve yaşlandırma yapılmayan grupta, sadece tik yağı uygulamasının aksöğüt odununda kırmızı renk değerini bariz yükseltici etkisi olduğu görülmektedir. En düşük kırmızı renk değerini ise; sentetik ve su bazlı vernik uygulanmış yaşlandırılmamış ısıl işlemsiz Amerikan dişbudak odunu, tik yağı uygulanmış 288 ve 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş Amerikan dişbudak odunu, tik yağı uygulanmış yaşlandırılmamış ısıl işlemsiz akkavak odunu ve tik yağı uygulanmış 432 yaşlandırmaya maruz bırakılmış 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş aksöğüt odunu oluşturmaktadır. Burada, homojenlik gurubuna göre Amerikan dişbudak odununda önemli bir değişiklik yaşanmazken, özellikle akkavak odununun ısıl işlemsiz ve yaşlandırılmamış olmasına rağmen tik yağının kırmızı renk değerlerini azaltıcı önemli bir etkiye sahip olduğu dikkat çekmektedir. Aksöğüt odununda ise, yine tik yağı uygulanmasına rağmen, en yüksek ısıl işlem ve en uzun yaşlandırma periyodu uygulandığında ancak benzer davranış özelliği göstermiş ve en düşük kırmızı renk değerine sahip olmuştur. Vernik etkeni haricinde bu durumun, ısıl işlem uygulama yöntemi, sıcaklık ve süreye bağlı olarak; mevcut hidroksil gruplarının azalmasıyla görülen odun yapısındaki su kaybı, odunun hacminde ve kütlelerinde bir düşüş meydana

gelmesi, lifliliğin artması, hemiselülozun parçalanması ve hücre çeperindeki maddesel kayıplar gibi etkenler sonucunda meydana geldiği ifade edilmiştir [16], [264].

### 3.2.3.3. Sarı Renk Değeri ( $b^*$ ) İle İlgili Bulgular

Farklı vernik çeşidinin uygulandığı ısı işlem görmüş deney örneklerinin yaşlandırmaya tabi tutulması sonucu, sarı renk değişim değerleri incelenerek farklılıklar tespit edilmiş, elde edilen ortalama değerler Çizelge 3.19’da verilmiştir.

Çizelge 3.19. Sarı renk ( $b^*$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Amerikan dışbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	27,52	42,80	42,62	44,24
			$S$	1,54	1,44	2,26	1,31
			$X_{min}$	26,02	39,68	38,63	42,19
			$X_{max}$	30,91	44,54	47,07	46,13
		Su bazlı	$\bar{x}$	25,46	40,52	38,16	36,61
			$S$	0,73	0,69	1,45	1,18
			$X_{min}$	24,50	39,26	36,55	34,80
			$X_{max}$	26,47	41,32	41,25	38,15
		Tik yağı	$\bar{x}$	34,77	38,80	35,29	30,68
			$S$	1,36	2,06	0,67	1,55
			$X_{min}$	32,94	35,46	34,42	28,98
			$X_{max}$	36,66	41,43	36,41	33,54
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	28,96	38,78	40,98	41,71
			$S$	0,65	1,34	1,06	1,36
			$X_{min}$	27,66	36,22	39,56	38,91
			$X_{max}$	29,69	40,46	42,62	44,04
		Su bazlı	$\bar{x}$	25,64	36,64	37,61	35,37
			$S$	0,59	0,93	0,89	1,37
			$X_{min}$	24,74	35,29	36,65	32,89
			$X_{max}$	26,65	38,06	39,54	37,91
		Tik yağı	$\bar{x}$	35,71	37,67	34,33	30,34
			$S$	0,87	1,11	1,47	1,95
			$X_{min}$	34,72	36,16	32,46	27,86
			$X_{max}$	37,47	39,62	37,29	34,97
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	7,59	15,62	12,06	10,01	
		$S$	1,06	2,47	1,47	0,82	
		$X_{min}$	5,65	11,05	10,14	8,86	
		$X_{max}$	9,19	19,15	14,70	11,80	
	Su bazlı	$\bar{x}$	8,15	11,71	17,35	15,69	
		$S$	0,84	1,02	3,31	2,22	
		$X_{min}$	6,87	9,88	13,23	12,04	
		$X_{max}$	9,06	12,76	22,17	19,15	
	Tik yağı	$\bar{x}$	6,90	6,90	8,75	12,60	
		$S$	1,33	0,54	1,11	1,80	
		$X_{min}$	4,95	6,23	6,85	9,71	
		$X_{max}$	9,21	8,07	10,13	14,74	
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	33,76	33,76	37,77	38,07
			$S$	0,53	1,21	0,57	0,62
			$X_{min}$	32,94	31,37	36,88	36,82
			$X_{max}$	34,48	34,95	38,79	39,00

Çizelge 3.19. (devam). Sarı renk (b\*) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	Su bazlı	$\bar{x}$	29,70	33,83	32,29	31,06
			S	1,55	1,82	0,53	0,50
			X min	27,42	32,51	31,25	30,17
			X max	32,81	38,84	33,19	31,59
		Tik yağı	$\bar{x}$	42,40	33,82	31,88	25,47
			S	0,80	0,43	0,43	3,28
	X min		40,83	33,16	31,18	19,69	
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	17,75	23,88	33,21	29,63
			S	1,54	1,87	0,58	1,48
			X min	15,92	20,07	32,36	27,01
			X max	19,94	26,71	34,24	31,81
		Su bazlı	$\bar{x}$	22,42	28,48	28,26	29,17
			S	0,44	0,85	0,76	0,51
			X min	21,60	26,56	26,89	28,45
			X max	23,26	29,42	29,72	30,23
		Tik yağı	$\bar{x}$	23,52	23,82	26,64	25,28
			S	1,61	1,53	1,34	1,78
			X min	21,44	21,42	24,72	22,62
			X max	26,48	25,62	28,93	28,03
	212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	14,51	17,84	19,03	21,29
			S	1,15	1,79	1,12	0,49
			X min	12,14	14,73	16,92	20,60
			X max	15,99	19,95	20,30	21,94
		Su bazlı	$\bar{x}$	17,09	20,19	22,23	20,71
S			0,52	0,66	0,99	0,47	
X min			15,95	19,41	20,99	20,12	
X max			17,72	21,47	23,64	21,62	
Tik yağı		$\bar{x}$	13,95	16,95	17,02	13,06	
		S	0,96	1,22	1,46	0,66	
		X min	12,53	14,58	14,53	12,01	
		X max	15,10	18,40	18,87	13,98	
Akkavak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	34,46	41,54	42,13	43,55
			S	1,67	0,85	0,60	2,35
			X min	31,44	39,91	41,34	40,22
			X max	36,36	42,25	43,18	46,85
		Su bazlı	$\bar{x}$	30,29	38,50	36,15	33,51
			S	1,27	0,62	1,28	0,39
			X min	28,97	37,40	34,40	33,05
			X max	32,80	39,23	37,65	34,07
		Tik yağı	$\bar{x}$	37,19	42,81	33,27	34,15
			S	1,44	0,36	1,56	1,74
			X min	35,39	42,04	30,77	31,40
			X max	39,99	43,26	35,04	36,79
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	33,22	39,52	41,17	41,96
			S	0,79	0,35	1,09	1,33
			X min	31,61	39,03	38,72	39,57
			X max	34,40	40,17	42,22	43,28
		Su bazlı	$\bar{x}$	26,79	34,40	31,47	30,05
			S	0,57	0,40	0,63	0,39
			X min	25,73	33,84	30,71	29,55
			X max	27,65	34,92	32,72	30,73
		Tik yağı	$\bar{x}$	37,64	39,26	35,84	30,52

Çizelge 3.19. (devam). Sarı renk (b\*) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu					
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat		
Akkavak	190 °C 1,5 saat	Tik yağı	<i>S</i>	1,32	1,04	0,71	1,79		
			<i>X min</i>	35,26	37,39	34,70	29,14		
			<i>X max</i>	39,74	40,75	36,81	34,56		
	212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	12,34	19,24	19,47	20,39		
			<i>S</i>	2,52	1,37	1,76	1,58		
			<i>X min</i>	8,13	16,47	16,41	17,02		
		Su bazlı	<i>X max</i>	15,89	20,99	22,54	22,08		
			$\bar{x}$	16,83	21,53	19,57	17,26		
			<i>S</i>	0,76	0,13	2,13	3,26		
		Tik yağı	<i>X min</i>	15,60	21,26	16,83	13,56		
			<i>X max</i>	18,11	21,67	22,28	20,75		
			$\bar{x}$	7,39	10,20	14,01	14,39		
			<i>S</i>	1,79	1,71	2,10	0,98		
			<i>X min</i>	4,90	8,40	10,77	12,72		
			<i>X max</i>	9,91	14,31	16,04	15,75		
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	32,67	31,15	32,38	36,60		
			<i>S</i>	1,87	0,74	1,71	1,27		
			<i>X min</i>	30,88	29,92	29,47	34,95		
		Su bazlı	<i>X max</i>	37,66	32,56	34,72	38,54		
			$\bar{x}$	25,70	29,08	28,90	26,69		
			<i>S</i>	0,50	3,15	1,15	1,27		
		Tik yağı	<i>X min</i>	24,67	20,49	26,73	24,57		
			<i>X max</i>	26,65	31,35	29,98	29,40		
			$\bar{x}$	35,11	29,65	26,83	25,94		
		190 °C 1,5 saat	Sentetik	<i>S</i>	0,90	0,78	1,47	1,27	
				<i>X min</i>	34,02	28,35	24,36	23,42	
				<i>X max</i>	36,87	30,51	29,32	27,89	
	Su bazlı		$\bar{x}$	27,36	30,50	31,99	33,67		
			<i>S</i>	0,86	0,92	0,76	1,36		
			<i>X min</i>	26,45	29,02	30,80	31,45		
	Tik yağı		<i>X max</i>	28,91	31,75	33,11	35,30		
			$\bar{x}$	23,56	29,11	29,51	28,08		
			<i>S</i>	1,05	1,72	1,56	1,40		
					<i>X min</i>	22,65	24,48	25,61	26,93
					<i>X max</i>	25,29	30,17	30,96	30,75
					$\bar{x}$	30,02	33,37	25,20	22,70
	212 °C 2 saat	Sentetik	<i>S</i>	1,33	1,55	1,55	0,76		
			<i>X min</i>	28,15	30,82	23,08	21,34		
			<i>X max</i>	32,48	35,88	27,27	23,73		
Su bazlı		$\bar{x}$	5,68	6,25	18,67	15,14			
		<i>S</i>	0,39	0,69	3,51	0,69			
		<i>X min</i>	5,09	5,07	13,61	14,14			
Tik yağı		<i>X max</i>	6,40	7,16	23,60	16,41			
		$\bar{x}$	14,82	13,59	20,35	19,33			
		<i>S</i>	1,04	0,50	1,00	0,86			
			<i>X min</i>	13,18	13,00	18,56	18,26		
			<i>X max</i>	16,55	14,32	21,71	20,45		
			$\bar{x}$	4,91	8,23	13,06	12,48		
			<i>S</i>	1,05	0,64	1,79	0,57		
			<i>X min</i>	3,02	7,39	9,64	11,82		
			<i>X max</i>	6,44	9,52	14,85	13,53		

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, *S*: Standart sapma, *X min*: En küçük değer, *X max*: En büyük değer

Sarı renk değerleri, ağaç malzeme türü, ısıl işlem periyodu, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.20’de verilmiştir.

Çizelge 3.20. Sarı renk değerlerine (b\*) ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha= 0,05$
Ağaç türü (A)	3	6350,081	2116,694	1126,335	0,000*
Isıl işlem (B)	2	110716,629	55358,315	29457,259	0,000*
Vernik çeşidi (C)	2	2507,094	1253,547	667,037	0,000*
Yaşlandırma periyodu (D)	3	4634,125	1544,708	821,970	0,000*
Etkileşim (AB)	6	8720,398	1453,400	773,383	0,000*
Etkileşim (AC)	6	544,816	90,803	48,318	0,000*
Etkileşim (AD)	9	1480,423	164,491	87,529	0,000*
Etkileşim (BC)	4	3544,123	886,031	471,475	0,000*
Etkileşim (BD)	6	1117,652	186,275	99,121	0,000*
Etkileşim (CD)	6	4604,810	767,468	408,385	0,000*
Etkileşim (ABC)	12	985,286	82,107	43,691	0,000*
Etkileşim (ABD)	18	2302,142	127,897	68,056	0,000*
Etkileşim (ACD)	18	734,050	40,781	21,700	0,000*
Etkileşim (BCD)	12	2012,630	167,719	89,247	0,000*
Etkileşim (ABCD)	36	1380,317	38,342	20,403	0,000*
Error	1296	2435,541	1,879		
Total	1439	154070,118			

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

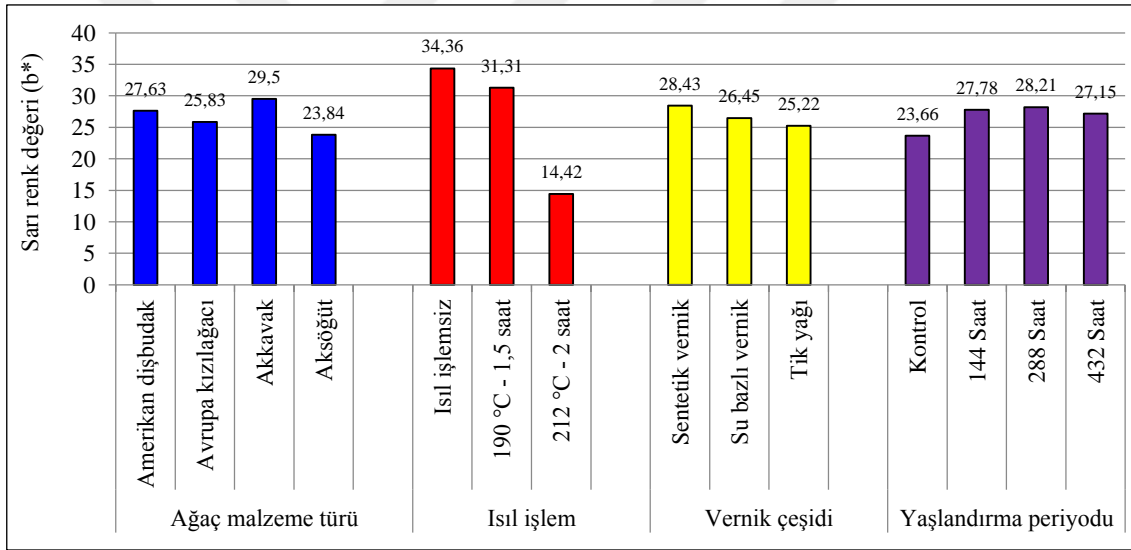
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ( $\alpha= 0,05$ ).

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.21’de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik ise Şekil 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.21. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde sarı renk değerlerine (b\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	27,63	B	LSD $\pm$ 0,30923
	Avrupa kızılacağı	25,83	C	
	Akkavak	29,50	A*	
	Aksögüt	23,84	D	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	34,36	A*	LSD $\pm$ 0,70038
	190 °C - 1,5 saat	31,31	B	
	212 °C - 2 saat	14,42	C	
Vernik çeşidi	Sentetik vernik	28,43	A*	LSD $\pm$ 0,15860
	Su bazlı vernik	26,45	B	
	Tik Yağı	25,22	C	
Yaşlandırma periyodu	Kontrol	23,66	D	LSD $\pm$ 0,22567
	144 Saat	27,78	B	
	288 Saat	28,21	A*	
	432 Saat	27,15	C	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri



Şekil 3.5. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde sarı renk değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Sarı renk değeri; ağaç malzeme düzeyinde, en yüksek, akkavakta, en düşük aksögütte bulunmuştur. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek sarı renk değeri ısıl işlemsiz uygulamada, en düşük 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında görülmüştür. Vernik çeşidi düzeyinde; en yüksek sarı renk değeri sentetik vernikte, en düşük tik yağı uygulamasında tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodu düzeyinde; en yüksek sarı renk değeri 288 saat uygulamasında, en düşük sarı renk değeri ise kontrol örneğinde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıtım işlem etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.22'de verilmiştir.

Çizelge 3.22. Ağaç malzeme türü - ısıtım işlem etkileşiminde sarı renk değerlerine (b\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AB**	Isıtım işlemsiz		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	36,46	A*	35,31	B	11,11	İ
Avrupa kızılğacı	33,65	C	26,01	F	17,82	G
Akkavak	37,30	A*	35,15	B	16,05	H
Aksöğüt	30,06	D	28,76	E	12,71	I
LSD $\pm$ 0,36776						

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıtım işlem

Sarı renk değeri; ağaç malzeme türü - ısıtım işlem etkileşiminde, en yüksek, ısıtım işlemsiz Amerikan dişbudak ve akkavakta, en düşük; 212 °C'de 2 saat ısıtım işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.23'te verilmiştir.

Çizelge 3.23. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde sarı renk değerlerine (b\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tık yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	29,41	B	27,41	BC	26,06	CD
Avrupa kızılğacı	26,71	BCD	26,29	CD	24,48	DE
Akkavak	32,42	A*	28,03	BC	28,06	BC
Aksöğüt	25,17	CD	24,06	DE	22,29	E
LSD $\pm$ 0,22976						

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi

Sarı renk değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış akkavakta, en düşük; tık yağı uygulanmış aksöğüt odununda elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.24'de verilmiştir.

Çizelge 3.24. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerine (b\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	22,30	F	29,94	AB	29,68	AB	28,58	ABC
Avrupa kızılacağı	23,90	EF	25,84	CDE	27,59	BCD	25,97	CDE
Akkavak	26,24	CDE	31,89	A*	30,34	AB	29,53	AB
Aksöğüt	22,20	F	23,44	EF	25,21	DEF	24,51	DEF
LSD $\pm$ 0,48061								

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, D: Yaşlandırma periyodu

Sarı renk değeri; ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, 144 saat yaşlandırma periyoduna tabi tutulmuş akkavak odununda elde edilirken, en düşük değer; kontrol örneğinde Amerikan dişbudak ve aksöğüt odunlarında bulunmuştur.

Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.25'de verilmiştir.

Çizelge 3.25. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait sarı renk değerlerinin (b\*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	37,19	A*	32,28	C	33,63	B
190 °C - 1,5 saat	33,39	BC	29,78	D	30,74	D
212 °C - 2 saat	14,70	F	17,28	E	11,30	G
LSD $\pm$ 0,19416						

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*\* : B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi

Sarı renk değeri; ısıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış ısıl işlemsiz örneklerde görülürken, en düşük; tik yağı uygulanmış 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında elde edilmiştir.

Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.26'da verilmiştir.

Çizelge 3.26. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerine (b\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör BD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	32,42	DE	36,35	A*	34,81	B	33,88	BC
190 °C - 1,5 saat	27,72	F	32,95	CD	33,02	CD	31,54	E
212 °C - 2 saat	10,85	I	14,02	H	16,80	G	16,03	G
LSD $\pm$ 0,47134								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*\* : B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Sarı renk değeri; ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, ısıl işlem görmemiş, 144 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş örneklerde, en düşük; 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında kontrol örneklerinde elde edilmiştir.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.27'de verilmiştir.

Çizelge 3.27. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerine (b\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör CD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sentetik vernik	22,99	FG	28,41	BC	30,96	AB	31,36	A*
Su bazlı vernik	22,20	G	28,13	C	28,49	BC	26,96	CD
Tik yağı	25,79	CDE	26,79	CD	25,86	DEF	23,14	EFG
LSD $\pm$ 0,19420								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*\* : C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Sarı renk değeri; vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş örneklerde, en düşük; su bazlı vernik uygulanmış kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.28'de verilmiştir.

Çizelge 3.28. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşiminde sarı renk değerlerine (b\*) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC**		Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıt işlemsiz	39,29	AB	35,19	DEF	34,89	EFG
	190 °C - 1,5 saat	37,61	BC	33,81	FG	34,51	EFG
	212 °C - 2 saat	11,32	R	13,23	P	8,79	S
Avrupa kızılacağı	Isıt işlemsiz	35,84	CDE	31,72	HI	33,39	FGH
	190 °C - 1,5 saat	26,12	KL	27,08	K	24,82	L
	212 °C - 2 saat	18,17	N	20,06	M	15,25	O
Akkavak	Isıt işlemsiz	40,42	A*	34,61	EFG	36,86	CD
	190 °C - 1,5 saat	38,97	AB	30,68	İİ	35,81	CDE
	212 °C - 2 saat	17,86	N	18,80	MN	11,50	R
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	33,20	GH	27,59	JK	29,38	İJ
	190 °C - 1,5 saat	30,88	İİ	27,57	JK	27,82	JK
	212 °C - 2 saat	11,43	R	17,02	N	9,670	RS
LSD $\pm$ 0,35985							

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, C: Vernik çeşidi

Sarı renk değeri; ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış ısıt işlemsiz akkavakta, en düşük; tik yağı uygulanmış, 212 °C - 2 saat ısıt işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem faktörü - yaşlandırma etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.29'da verilmiştir.

Çizelge 3.29. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerinin (b\*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıt işlemsiz	29,25	İJK	40,70	A*	38,69	B	37,18	BCD
	190 °C - 1,5 saat	30,10	İJK	37,70	BC	37,64	BC	35,81	CDEF
	212 °C - 2 saat	7,55	U	11,41	T	12,72	T	12,77	T
Avrupa kızılacağı	Isıt işlemsiz	35,28	DEF	33,80	FG	33,98	FG	31,53	HI
	190 °C - 1,5 saat	21,23	N	25,39	M	29,37	İJK	28,02	KL
	212 °C - 2 saat	15,18	S	18,33	OP	19,42	NO	18,36	OP
Akkavak	Isıt işlemsiz	33,98	FG	40,95	A*	37,19	BCD	37,07	BCD
	190 °C - 1,5 saat	32,55	GH	37,73	BC	36,16	CDE	34,18	EFG
	212 °C - 2 saat	12,19	T	16,99	PRS	17,68	OPR	17,35	OPR
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	31,16	Hİİ	29,96	İJK	29,37	İJK	29,74	İJK
	190 °C - 1,5 saat	26,98	LM	30,99	HİJ	28,90	JKL	28,15	KL
	212 °C - 2 saat	8,47	U	9,36	U	17,36	OPR	15,65	RS
LSD $\pm$ 0,64725									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Sarı renk değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, 144 saat yaşlandırmaya maruz bırakılmış ısıl işlemsiz Amerikan dişbudak ve akkavakta, en düşük; 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş, kontrol örneklerinde, Amerikan dişbudak ve aksögüt odunlarında, 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş kontrol örneklerinde ve 144 saat yaşlandırma periyodundaki aksögüt odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.30'da verilmiştir.

Çizelge 3.30. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerinin (b\*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Sentetik vernik	21,36	LMNO	32,40	ABCD	31,89	ABCDE	31,99	ABCDE
	Su bazlı vernik	19,75	O	29,62	ABCDEFGH HI	31,04	ABCDEF	29,22	BCDEFGHIİ
	Tik yağı	25,79	EFGHIJK LMNO	27,79	CDEFGHIİJ K	26,12	EFGHIJK LMN	24,54	GHIJKLMN O
Avrupa kızılacağı	Sentetik vernik	22,01	KLMNO	25,16	FGHIİJKL MNO	30,00	ABCDEFGH H	29,66	ABCDEFGH
	Su bazlı vernik	23,07	İJKLMNO	27,50	CDEFGHIİJ KLM	27,59	CDEFGHIİ JKL	26,98	DEFGHIİJK LM
	Tik yağı	26,62	DEFGHIİJ KLM	24,86	FGHIİJKL MNO	25,18	FGHIİJKL MNO	21,27	MNO
Akkavak	Sentetik vernik	26,67	DEFGHIİJ KLM	33,43	ABC	34,26	AB	35,30	A*
	Su bazlı vernik	24,64	GHIİJKL MNO	31,48	ABCDE	29,06	BCDEFGH İİ	26,94	DEFGHIİJK LM
	Tik yağı	27,40	CDEFGHI İJKLM	30,76	ABCDEFGH	27,71	CDEFGHIİ JK	26,36	DEFGHIİJK LMN
Aksögüt	Sentetik vernik	21,91	KLMNO	22,63	JKLMNO	27,68	CDEFGHIİ JK	28,47	BCDEFGHIİ J
	Su bazlı vernik	21,36	LMNO	23,93	HIİJKLMN O	26,25	DEFGHIİJ KLMN	24,70	GHIİJKLMN O
	Tik yağı	23,34	İİJKLMN O	23,75	HIİJKLMN O	21,69	KLMNO	20,38	NO
LSD $\pm$ 0,20638									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Sarı renk değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış 432 saat yaşlandırmaya maruz bırakılmış akkavakta, en düşük; su bazlı vernik uygulanmış, kontrol örneğinde Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir.

Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.31'de verilmiştir.

Çizelge 3.31. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerinin (b\*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	32,10	EF	37,31	BC	38,73	B	40,61	A*
	Su bazlı vernik	27,79	HI	35,48	CD	33,88	DE	31,97	EF
	Tik yağı	37,36	BC	36,27	C	31,82	EF	29,06	GH
190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	26,82	I	33,17	E	36,84	BC	36,74	BC
	Su bazlı vernik	24,60	İ	32,16	EF	31,71	EF	30,67	FG
	Tik yağı	31,72	EF	33,53	E	30,50	FG	27,21	HI
212 °C 2 saat	Sentetik vernik	10,03	MN	14,74	L	17,31	K	16,71	K
	Su bazlı vernik	14,22	L	16,76	K	19,87	J	18,25	JK
	Tik yağı	8,29	N	10,57	M	13,21	L	13,14	L
LSD $\pm$ 0,73506									

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*\* : B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Sarı renk değeri; ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış, ısıl işlemsiz, 432 saat yaşlandırılmış örneklerde görülürken, en düşük; tik yağı uygulanmış, 212 °C - 2 saat ısıl işleme tabi tutulmuş, kontrol örneğinde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.32'de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

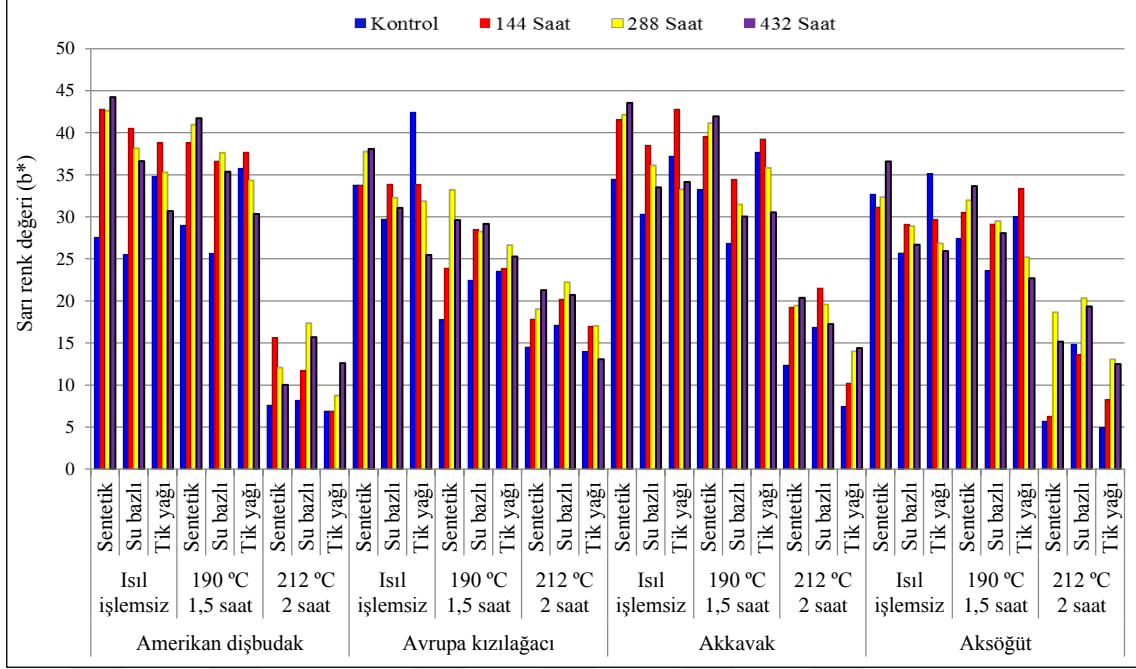
Çizelge 3.32. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerinin (b\*) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dışbudak	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	27,52	Z15Z16Z17	42,80	BC	42,62	BC	44,24	A*
		Su bazlı vernik	25,46	Z18Z19Z20	40,52	FG	38,16	HIJ	36,61	KLM
		Tik yağı	34,77	NOPRST	38,80	HI	35,29	MNOPR	30,68	Z5Z6Z7Z8Z9 Z10
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	28,96	Z12Z13Z14	38,78	HI	40,98	EF	41,71	CDEF
		Su bazlı vernik	25,64	Z18Z19Z20	36,64	KLM	37,61	IJK	35,37	MNOPR
		Tik yağı	35,71	MNOP	37,67	IJK	34,33	PRSTU	30,34	Z7Z8Z9Z10Z 11Z12
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	7,59	Z40Z41	15,62	Z32Z33	12,06	Z38	10,01	Z39
		Su bazlı vernik	8,15	Z40Z41	11,71	Z38	17,35	Z30	15,69	Z31Z32Z33
		Tik yağı	6,90	Z41Z42Z43	6,90	Z41Z42Z43	8,75	Z40	12,60	Z37Z38
Avrupa kızılacağı	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	33,76	STUVY	33,76	STUVY	37,77	IJK	38,07	IJ
		Su bazlı vernik	29,70	Z9Z10Z11Z 12Z13	33,83	STUV	32,29	ZZ1Z2Z3Z4	31,06	Z4Z5Z6Z7Z8 Z9
		Tik yağı	42,40	BCD	33,82	STUV	31,88	Z2Z3Z4Z5Z6	25,47	Z18Z19Z20
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	17,75	Z29Z30	23,88	Z21	33,21	UVYZZ1Z2	29,63	Z9Z10Z11Z1 Z13
		Su bazlı vernik	22,42	Z22Z23Z24	28,48	Z13Z14Z15	28,26	Z13Z14Z15	29,17	Z11Z12Z13Z 14
		Tik yağı	23,52	Z21Z22	23,82	Z21	26,64	Z17Z18Z19	25,28	Z19Z20
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	14,51	Z33Z34Z35	17,84	Z29Z30	19,03	Z27Z28Z29	21,29	Z24Z25
		Su bazlı vernik	17,09	Z30	20,19	Z25Z26Z27	22,23	Z22Z23Z24	20,71	Z25Z26
		Tik yağı	13,95	Z34Z35Z36	16,95	Z30Z31	17,02	Z30	13,06	Z36Z37Z38
Akkavak	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	34,46	OPRSTU	41,54	CDEF	42,13	CDE	43,55	AB
		Su bazlı vernik	30,29	Z7Z8Z9Z10 Z11Z12	38,50	HIJ	36,15	LMN	33,51	TUVYZ
		Tik yağı	37,19	JKL	42,81	BC	33,27	UVYZZ1Z2	34,15	RSTU
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	33,22	UVYZZ1Z2	39,52	GH	41,17	DEF	41,96	CDE
		Su bazlı vernik	26,79	Z16Z17Z18	34,40	PRSTU	31,47	Z3Z4Z5Z6Z7	30,05	Z8Z9Z10Z11 Z12
		Tik yağı	37,64	IJK	39,26	GHI	35,84	LMNO	30,52	Z6Z7Z8Z9Z1 0Z11
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	12,34	Z37Z38	19,24	Z27Z28	19,47	Z26Z27Z28	20,39	Z25Z26Z27
		Su bazlı vernik	16,83	Z30Z31Z32	21,53	Z23Z24Z25	19,57	Z26Z27Z28	17,26	Z30
		Tik yağı	7,39	Z41Z42	10,20	Z39	14,01	Z34Z35Z36	14,39	Z33Z34Z35Z 36
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	32,67	VYZZ1Z2Z 3	31,15	Z4Z5Z6Z7Z 8	32,38	YZZ1Z2Z3Z4	36,60	KLM
		Su bazlı vernik	25,70	Z18Z19Z20	29,08	Z11Z12Z13 Z14	28,90	Z12Z13Z14	26,69	Z17Z18
		Tik yağı	35,11	NOPRS	29,65	Z9Z10Z11Z 12Z13	26,83	Z16Z17Z18	25,94	Z18Z19Z20
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	27,36	Z15Z16Z17	30,50	Z7Z8Z9Z10 Z11	31,99	Z1Z2Z3Z4Z5	33,67	STUVYZ
		Su bazlı vernik	23,56	Z21Z22	29,11	Z11Z12Z13 Z14	29,51	Z10Z11Z12Z13	28,08	Z14Z15Z16
		Tik yağı	30,02	Z8Z9Z10Z1 1Z12	33,37	TUVYZZ1	25,20	Z20	22,70	Z21Z22Z23
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	5,68	Z43Z44	6,25	Z42Z43	18,67	Z28Z29	15,14	Z33Z34
		Su bazlı vernik	14,82	Z33Z34Z35	13,59	Z35Z36Z3 7	20,35	Z25Z26Z27	19,33	Z27Z28
		Tik yağı	4,91	Z44	8,23	Z40Z41	13,06	Z36Z37Z38	12,48	Z37Z38

LSD ± 0,33608

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek sarı renk değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.6. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde sarı renk değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Sarı renk değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşimde en yüksek, sentetik vernik uygulanmış, 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş, ısıl işlemsiz Amerikan dişbudak odununda görülürken, en düşük; tik yağı uygulanmış, kontrol örneğinde, 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş aksögüt odununda elde edilmiştir.

### 3.2.3.4. Sarı Renk Değeri (b\*) İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.21'e göre, sarı renk değeri, ağaç malzeme türü düzeyinde en yüksek, akkavak odununda görülürken, bunu azalarak sırası ile Amerikan dişbudak, Avrupa kızılğacı ve aksögüt odunları takip etmiştir. Ağaç malzemelerde görülen renk değişikliklerinin ana nedeni, ağaç malzemelerin anatomik yapısı, doğal rengi, hemiselüloz, lignin ve ekstraktif madde oranlarındaki farklılıklardan olduğu söylenebilir.

Odunun solmasında, ağaç malzemenin önemli bileşenlerinden olan ligninin yapısının bozularak sarı renge dönüşmesinin etkili olduğu bildirilmiştir [145]. Sarı rengin öncelikle leuco - kromoforik sistemlerden (Metilenkinon, fenanthrenekinonlar, fenil naftalendion, bimetilen - kinon vb.) meydana gelen oligomerik kromoforlardan kaynaklandığını bildirmişlerdir [272], [288]. Akkavak odununda bulunan sarı renk pigment oranının daha fazla olması ve diğer ağaç malzemelere oranla daha fazla

sararma eğiliminde olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Aksöğüt odununa ait sarı renk oranının düşük çıkmasının sebebi ise, yapısının kızılımsı kahverengi bir renge hakim olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 3.21'e göre, sarı renk değeri; ısıtılma işlem düzeyinde, en yüksek ısıtılma işlemsiz örneklerde, en düşük; 212 °C'de 2 saat ısıtılma işlem uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Isıtılma işlem sıcaklığı arttıkça sarı renk değerinde düşüş gözlenmiştir. Özellikle 190 °C'de 1,5 saat ısıtılma işlem uygulamasından 212 °C'de 2 saat ısıtılma işlem uygulamasına geçişte sarı renk değerinde ani bir düşüş yaşandığı görülmüştür.

[181], [272], [289], [290] çalışmalarında, ısıtılma işlem sıcaklığının ve süresinin artması ile sarı renk değerlerinin azaldığını belirtmişlerdir. Isıtılma işlem sonucu ağaç malzemede ikincil ürünlerin oluşumu ve/veya lignindeki  $\alpha$ - ve  $\beta$ -arylether bağlarının kopması ile hemiselülozun bozunması sonucu açığa çıkan quinone ve quinonemethide gibi renk verme maddeleri olarak bilinen reaktif bileşiklerin sarı renk değerinde artışa sebep olduğu ifade edilmiştir [283]. Benzer bir çalışmada [181], ısıtılma işlem sonucu malzemede oluşan yan ürünlerin renk açma kimyasalları ile etkileşime girerek malzeme yüzeylerinde farklı değerlerde sarı renk tonu oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir. Ağaç malzemenin pigment yapısından kaynaklanan bu durumun, diğer faktörlerin etkisiyle değişim göstermiş olabileceği belirtilmiştir [279]. Meşe, huş ve çam odununa dört farklı sıcaklıkta ısıtılma işlem uygulanmıştır. Genel olarak, sarı renk değeri parametresi kırmızı renk değeri parametresinden daha fazla değişiklik göstermiştir. En büyük değişiklik meşe odununda saptanmıştır. Bu örneklerde sarı renk değeri artan sıcaklıkla kademeli olarak azalmıştır ve ısıtılma işlem görmemiş odun örneklerinden yaklaşık üçte iki daha düşük değerde bulunmuştur. Huş odunu örnekleri için ise, aksine bir durum söz konusu olmuştur. Huş odunu örneklerinde ölçülen sarı renk değerleri 180 °C'de hafif bir yükseliş göstermiş, sonrasında ısıtılma işlemsiz örneklerde tespit edilen değerlerin altına düşmüştür (240 °C'de % 45 azalma tespit edilmiştir). Çam odunu örneklerinde sarı renk değerleri tamamen farklı bulunmuştur. Değerler keskin bir şekilde 160 °C'ye kadar yükselirken, sonrasında aniden ısıtılma işlem görmemiş odun örneklerinde tespit edilmiş olan değerlerin bir miktar altına kadar düşmüştür [272]. Isıtılma işlem uygulanmış huş odunu örneklerinde ölçülen sarı renk değerinin ısıtılma işlem uygulanmamış örneklerden daha yüksek olduğunu, ancak 175 °C'deki farklı uygulama süreleri için sarı renk değerinin oldukça sabit bir değer izlediğini belirtmişlerdir. 200 °C'de yapılan ısıtılma işlemde, sarı renk değerinin zaman içinde azaldığını ve 10 saatlik bir uygulama

sürecinden sonra ise ısıtım işlem uygulanmamış huş odunu ölçüm değerlerine geri döndüğünü tespit etmişlerdir [129]. Ladin odunu örneklerine, 100 °C, 150 °C, 200 °C sıcaklıklarda 2, 4, 8, 10 ve 24 saat süreyle ısıtım işlem uygulanmıştır. Sarı renk değerinde en fazla azalmanın her bir sıcaklıktaki (% 30 - 45) 24 saat ısıtım işlem uygulaması sonunda elde edildiğini bildirmişlerdir [123]. Isıtım işlem görmüş çam odunu örneklerinde sarı renk değerinin tüm sıcaklıklarda maruz bırakılan uygulama süreleri ile maksimum % 86'ya kadar azalış gösterdiği ifade edilmiştir [272], [280]. Doğal ve su döngülü WOM (weather-ometer) yapay yaşlandırmaya maruz bırakılmış polimerik malzemelerdeki renk değişimi testlerinde; sararmanın yoğun bir şekilde arttığı bildirilmiştir [291].

Çizelge 3.21'e göre, sarı renk değeri, vernik çeşidi düzeyinde en yüksek, sentetik vernikte, en düşük değeri tik yağı uygulamasında bulunmuştur. Her ne kadar sentetik verniğin tanımında [292] şeffaf olması, transparent film vermesi gibi üstün özelliklerinden bahsedilsede, içerik olarak alkid esaslı bir yapıya sahip olması ve ahşabı ultraviyole ışınlarının etkisinden korumak amaçlı koruyucu renk ihtiva eden özel pigmentlere sahip olması, sarı renk değerlerinin yüksek çıkmasında etkili olmuş olabilir. Tik yağı ölçüm değerlerinin düşük çıkmasının sebebi ise, içerisinde bulunan nafta (petrol), ağır damıtıklar (petrol), hidrokarbonlar, n-alkanlar ve izoalkanların etkisinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir [293]. 212 °C'de ısıtım işlem görmüş dişbudakda en yüksek sarı renk değeri verniksiz örneklerde elde edilirken, en düşük değeri çift kat UV sistem parke vernikli örneklerde elde edildiği bildirilmiştir Isıtım işlemsiz iroko örnekleri üzerinde tüm vernik çeşitlerine ait sarı renk tonu değerlerinin yaşlanma etkisi ile gittikçe azalış gösterdiği belirtilmiştir [113], [294]. Poliüretan esaslı üstyüzey işlemi uygulanan kaplama katmanlarında, doğal, UV ve WOM (weather-ometer) yaşlandırmaları karşılaştırmalı olarak denenmiş; oksidasyon işlemlerinin sebep olduğu yaşlanma sonucu, katmanlarda karbonil gruplarının artarak yüzey kayıpları oluşturduğu, sarı renk tonunda azalma ve solma görüldüğü bildirilmiştir [295].

Çizelge 3.21'e göre, sarı renk değeri, yaşlandırma periyodu düzeyinde, en yüksek 288 saat yaşlandırma periyodunda gerçekleşirken, bunu azalarak sırası ile 144 saat, 432 saat ve kontrol örnekleri takip etmiştir. Yaşlandırma periyodunda 288 saate kadar kırmızı renk değerinde artış olduğu, 288 saatten sonra düşüş yaşanmaya başlandığı söylenebilir.

Hızlandırılmış yaşlandırma deneyinde sarı renk değerinde süreye bağlı olarak bir artış görüldüğü, ancak 288 saat uygulamasından sonra sarı renk değerlerinde bir miktar

azalma meydana geldiği bildirmiştir [113]. UV ışınlarının, ağaç malzeme üzerinde renk değiştirici bir etki yaptığı söylenebilir [164]. Literatürde, bazı ağaç malzemelerin sıcaklık veya UV ışınlarına maruz kalınması halinde, renklerinde sararma şeklinde değişiklik olduğu bildirilmiştir [288]. Güneş ışığındaki ultraviyole (UV) dalga boylarının sahip olduğu yüksek enerjinin vernik ve boya katmanlarında bozulmaya sebep olduğu bildirilmiştir [296]. Yapılan başka bir araştırmada [297], UV dalga boylarındaki enerjinin vernik molekülleri arasında kurulan C-C, C-N, C-O bağlarını parçalayacak güce sahip olduğu, güneş ışınlarının yanı sıra, rutubet, sıcaklık değişimi vb. bazı etkilerin katman performansını zamanla azalttığı ifade edilmiştir.

Çizelge 3.32'ye göre, sarı renk değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine (ABCD) bakıldığında, en yüksek sentetik vernikli, 432 saat hızlı yaşlandırmaya tabi tutulmuş, ısıl işlemsiz Amerikan dişbudak odununda, en düşük; tik yağı uygulanmış, yaşlandırılmamış, 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş aksöğüt odununda tespit edilmiştir. Sentetik vernik uygulanmış Amerikan dişbudak odununun, 432 saat hızlı yaşlandırma periyoduna kadar sarı renk değerinde artış göstermesine rağmen, aynı şartlardaki diğer vernik çeşidinin sarı renk değerlerinde 144 saat ve 288 saatten sonra bir azalma meydana geldiği görülmüştür. Buradan, Amerikan dişbudak odunu ısıl işleme tabi tutulduğunda sarı renk değerinin azaldığı, hızlı yaşlandırma uygulamasında ise bu değer artış gösterdiği anlaşılmaktadır. Aksöğüt odununda ise, 288 saate kadar hızlı yaşlandırma süresi arttırıldıkça renk değerlerinin de artış gösterdiği, 432 saat yaşlandırma periyoduna gelindiğinde ise biraz azalma görüldüğü ortaya çıkmıştır. Buradan da, aksöğüt odununa ait sarı renk değerinin 190 °C - 1,5 saatten 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasına gelindiğinde sarı renk değerinde 6 kattan fazla bir azalma meydana geldiği dikkat çekmektedir. Vernik etkeni haricinde bu durumun, ısıl işlem uygulama yöntemi, sıcaklık ve süreye bağlı olarak; mevcut hidroksil gruplarının azalmasıyla görülen odun yapısındaki su kaybı, odunun hacminde ve kütleinde bir düşüş meydana gelmesi, lifliliğin artması, hemiselülozun parçalanması ve hücre çeperindeki maddesel kayıplar gibi etkenler sonucunda meydana geldiği ifade edilmiştir [16], [264].

#### *3.2.3.5. Renk Parlaklık (Işıklılık) (L\*) İle İlgili Bulgular*

Farklı vernik çeşidinin uygulandığı ısıl işlem görmüş deney örneklerinin yaşlandırmaya tabi tutulması sonucu, ışıklılık değişim değerleri incelenerek farklılıklar tespit edilmiş, elde edilen ortalama değerler Çizelge 3.33'de verilmiştir.

Çizelge 3.33. Işıklılık değeri (L\*) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Amerikan dışbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	76,57	67,60	65,32	60,60
			S	3,32	1,95	2,74	1,71
			X min	69,88	64,17	60,81	58,63
			X max	80,40	70,20	70,64	62,99
		Su bazlı	$\bar{x}$	76,74	67,20	60,72	63,21
			S	2,25	1,74	1,21	2,90
			X min	73,27	64,10	58,93	59,63
			X max	79,94	69,82	62,26	67,00
		Tik yağı	$\bar{x}$	71,57	57,37	58,17	59,08
			S	3,90	2,38	2,32	2,86
			X min	66,31	53,30	55,82	53,62
			X max	76,31	61,23	61,86	64,27
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	69,48	65,86	61,32	59,74
			S	2,27	1,48	1,90	1,82
			X min	66,70	63,31	58,60	56,01
			X max	74,60	68,13	64,32	62,32
		Su bazlı	$\bar{x}$	73,98	60,99	63,20	62,09
			S	0,85	1,11	1,26	1,92
			X min	72,90	59,27	61,32	59,34
			X max	75,62	62,97	65,27	65,99
		Tik yağı	$\bar{x}$	66,86	56,55	57,92	68,30
			S	2,09	1,47	2,01	1,53
			X min	63,84	54,86	53,23	65,64
			X max	70,29	58,62	59,90	70,14
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	29,57	34,18	32,45	31,40	
		S	1,06	2,09	1,06	0,74	
		X min	27,67	30,02	31,19	30,57	
		X max	31,44	37,32	34,21	32,99	
	Su bazlı	$\bar{x}$	30,73	33,25	39,00	37,57	
		S	0,66	0,81	2,91	2,59	
		X min	29,73	31,79	34,58	34,13	
		X max	31,84	34,19	43,70	41,67	
	Tik yağı	$\bar{x}$	27,84	29,96	32,56	39,46	
		S	0,94	0,66	1,61	3,67	
		X min	26,50	28,91	29,73	34,17	
		X max	29,73	31,48	34,65	46,05	
Avrupa kızılağacı	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	59,29	54,48	57,39	54,18
			S	0,70	1,08	0,91	0,78
			X min	58,15	52,90	55,6	53,03
			X max	60,33	55,99	58,81	55,58
		Su bazlı	$\bar{x}$	62,40	58,08	58,98	59,90
			S	0,99	0,88	0,53	0,71
			X min	60,20	56,44	58,35	58,50
			X max	63,40	59,09	59,81	61,14
		Tik yağı	$\bar{x}$	59,73	52,09	55,27	60,05
			S	1,16	0,68	1,21	4,52
			X min	57,65	51,02	53,73	54,60
			X max	60,91	53,14	56,91	68,15
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	40,47	45,31	52,48	47,21
			S	2,16	1,64	0,74	0,90
			X min	37,96	42,63	51,57	45,62
			X max	43,75	47,78	53,55	48,49
Su bazlı	$\bar{x}$	51,02	53,16	56,86	56,29		

Çizelge 3.33. (devam). Işıklılık değeri (L\*) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu					
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat		
Avrupa kızılağacı	190 °C 1,5 saat	Su bazlı	S	0,60	0,65	1,94	0,96		
			X min	50,08	51,92	53,63	54,92		
			X max	51,93	53,99	59,03	57,90		
		Tik yağı	X max	43,14	44,27	46,59	54,62		
			S	1,69	2,09	1,99	2,23		
			X min	41,10	41,24	43,75	51,21		
	212 °C 2 saat	Sentetik	X max	45,45	46,96	49,22	58,07		
			$\bar{x}$	34,43	37,24	37,40	39,59		
			S	0,99	1,34	1,08	0,70		
		Su bazlı	X min	32,81	35,31	35,66	38,57		
			X max	35,85	39,22	38,77	40,52		
			$\bar{x}$	39,59	42,03	43,99	44,65		
		Tik yağı	S	0,37	0,75	1,11	0,88		
			X min	39,08	41,28	42,54	43,39		
			X max	40,14	43,56	45,83	45,71		
		Akkavak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	76,79	67,98	66,63	62,54
					S	1,71	2,63	0,92	3,18
					X min	74,77	63,39	65,09	57,65
Su bazlı	X max			79,21	70,84	67,85	65,86		
	$\bar{x}$			76,39	68,56	66,80	66,42		
	S			0,97	0,73	0,74	1,29		
Tik yağı	X min	74,95		67,10	65,57	64,30			
	X max	77,46		69,42	67,76	68,20			
	$\bar{x}$	78,13		64,52	62,99	64,09			
190 °C 1,5 saat	Sentetik	S		1,06	0,82	1,25	1,58		
		X min		75,75	63,51	60,85	62,23		
		X max		79,14	65,97	64,81	67,28		
	Su bazlı	$\bar{x}$	67,29	65,32	62,65	62,90			
		S	1,53	0,88	1,2	0,88			
		X min	64,87	64,49	60,250	61,68			
	Tik yağı	X max	69,87	66,65	64,01	64,20			
		$\bar{x}$	70,12	66,78	63,77	66,41			
		S	0,95	0,75	0,94	1,17			
	212 °C 2 saat	Su bazlı	X min	68,75	65,37	62,73	64,52		
			X max	71,95	68,14	65,84	68,10		
			$\bar{x}$	69,77	61,45	56,11	63,70		
Tik yağı		S	2,28	1,54	1,42	1,96			
		X min	66,29	58,08	53,91	60,22			
		X max	72,28	63,37	57,74	65,89			
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	32,91	37,80	38,09	36,49			
		S	1,88	0,95	1,34	2,98			
		X min	29,84	36,23	36,08	31,63			
	Su bazlı	X max	35,71	39,31	40,49	39,65			
		$\bar{x}$	36,82	44,74	41,43	38,70			
		S	1,09	0,48	2,66	4,06			
Tik yağı	X min	35,38	44,06	37,36	33,39				
	X max	39,08	45,66	44,93	44,69				
	$\bar{x}$	27,41	31,08	34,79	40,31				
			S	1,16	1,45	1,99	1,49		

Çizelge 3.33. (devam). Işıklılık değeri (L\*) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Akkavak	212 °C 2 saat	Tik yağı	<i>X min</i>	25,75	29,33	31,77	37,66
			<i>X max</i>	28,95	34,64	37,98	42,67
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	62,82	51,51	52,81	56,98
			<i>S</i>	1,80	1,03	3,38	1,52
			<i>X min</i>	59,79	49,17	48,59	54,70
			<i>X max</i>	65,03	52,75	59,05	58,74
		Su bazlı	$\bar{x}$	66,85	56,91	62,01	61,10
			<i>S</i>	0,83	0,73	1,076	1,05
			<i>X min</i>	65,75	55,80	59,61	59,49
			<i>X max</i>	68,50	57,92	63,49	62,56
		Tik yağı	$\bar{x}$	55,75	48,07	49,40	55,22
			<i>S</i>	2,55	1,32	3,32	3,35
			<i>X min</i>	50,85	46,13	45,17	49,93
			<i>X max</i>	59,48	50,13	55,60	59,32
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	55,66	53,79	52,89	54,74
			<i>S</i>	0,48	1,08	1,27	1,06
			<i>X min</i>	55,03	52,23	51,18	53,13
			<i>X max</i>	56,61	55,33	54,91	56,27
		Su bazlı	$\bar{x}$	56,68	54,98	55,90	56,43
			<i>S</i>	1,65	1,03	1,29	1,98
			<i>X min</i>	54,47	53,77	54,06	54,01
			<i>X max</i>	59,69	56,45	57,94	59,52
		Tik yağı	$\bar{x}$	49,84	52,13	54,84	58,58
			<i>S</i>	1,94	1,71	1,77	2,18
			<i>X min</i>	46,52	50,05	52,54	54,33
			<i>X max</i>	53,41	55,96	58,31	62,36
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	28,42	28,52	37,63	35,00	
		<i>S</i>	0,63	0,73	2,47	0,98	
		<i>X min</i>	27,84	27,55	34,15	32,79	
		<i>X max</i>	30,03	29,46	40,72	35,91	
	Su bazlı	$\bar{x}$	37,15	37,45	46,26	45,97	
		<i>S</i>	0,91	2,64	2,14	1,94	
		<i>X min</i>	35,95	30,22	42,93	43,89	
		<i>X max</i>	38,55	39,77	49,43	48,98	
	Tik yağı	$\bar{x}$	25,79	30,04	35,83	41,15	
		<i>S</i>	0,65	0,52	2,02	1,62	
		<i>X min</i>	24,62	29,39	31,64	38,46	
		<i>X max</i>	26,73	31,22	37,66	43,71	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, *S*: Standart sapma, *X min*: En küçük değer, *X max*: En büyük değer

Işıklılık değerleri; ağaç malzeme türü, ısıl işlem periyodu, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.34'de verilmiştir.

Çizelge 3.34. Işıklılık değerlerine (L) ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P, $\alpha= 0,05$
Ağaç türü (A)	3	16972,446	5657,482	1844,983	0,000*
Isıl işlem (B)	2	188617,269	94308,635	30755,349	0,000*
Vernik çeşidi (C)	2	6684,466	3342,233	1089,948	0,000*
Yaşlandırma periyodu (D)	3	1695,778	565,259	184,339	0,000*
Etkileşim (AB)	6	16834,653	2805,776	915,002	0,000*
Etkileşim (AC)	6	953,486	158,914	51,824	0,000*
Etkileşim (AD)	9	3865,561	429,507	140,068	0,000*
Etkileşim (BC)	4	533,282	133,320	43,478	0,000*
Etkileşim (BD)	6	9645,738	1607,623	524,268	0,000*
Etkileşim (CD)	6	1814,322	302,387	98,613	0,000*
Etkileşim (ABC)	12	1458,820	121,568	39,645	0,000*
Etkileşim (ABD)	18	2410,161	133,898	43,666	0,000*
Etkileşim (ACD)	18	953,101	52,950	17,268	0,000*
Etkileşim (BCD)	12	406,759	33,897	11,054	0,000*
Etkileşim (ABCD)	36	1807,893	50,219	16,377	0,000*
Error	1296	3974,073	3,066		
Total	1439	258627,807			

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

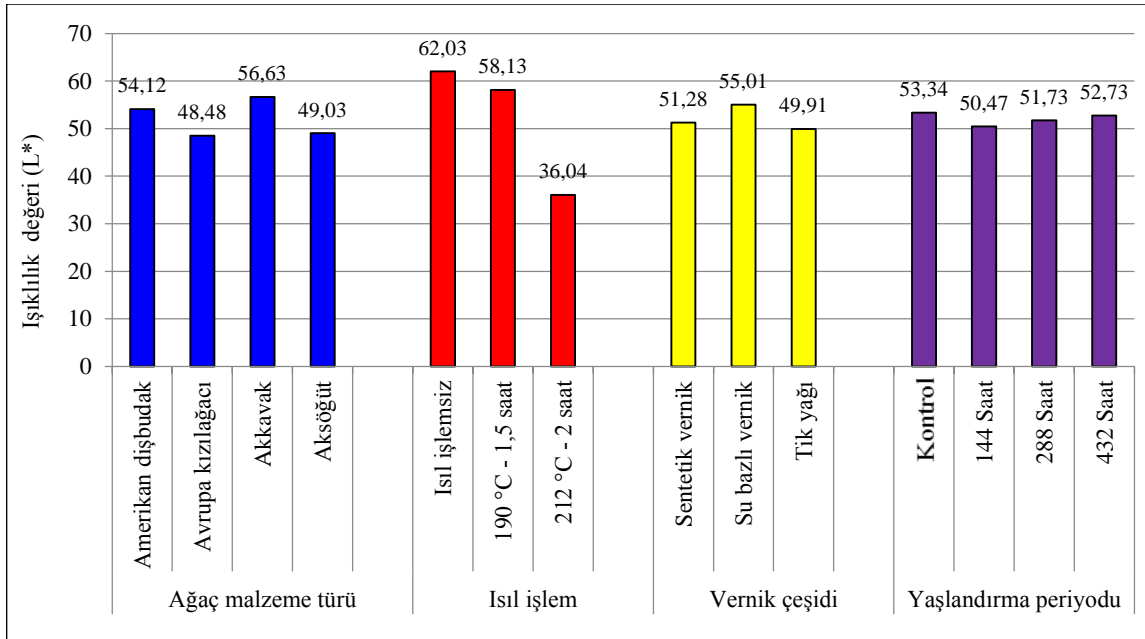
Varyans analiz sonucuna göre; ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ( $\alpha= 0,05$ ).

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.35'de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik ise Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.35. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ışıklılık değerlerine (L) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	54,12	B	LSD $\pm$ 0,82650
	Avrupa kızılbaş	48,48	D	
	Akkavak	56,63	A*	
	Aksöğüt	49,03	C	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	62,03	A*	LSD $\pm$ 0,19317
	190 °C - 1,5 saat	58,13	B	
	212 °C - 2 saat	36,04	C	
Vernik çeşidi	Sentetik vernik	51,28	B	LSD $\pm$ 0,42285
	Su bazlı vernik	55,01	A*	
	Tik Yağı	49,91	C	
Yaşlandırma periyodu	Kontrol	53,34	A*	LSD $\pm$ 0,82579
	144 Saat	50,47	D	
	288 Saat	51,73	C	
	432 Saat	52,73	B	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri



Şekil 3.7. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ışıklılık değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

İşıklılık değeri; ağaç malzeme düzeyinde, en yüksek, akkavakda, en düşük Avrupa kızılacağıda bulunmuştur. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek ışıklılık değeri ısıl işlemsiz uygulamada, en düşük değer 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında görülmüştür. Vernik çeşidi düzeyinde; en yüksek ışıklılık değeri su bazlı vernik uygulamasında, en düşük değer tik yağı uygulamasında tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodu düzeyinde; en yüksek ışıklılık değeri kontrol örneklerinde, en düşük değer ise 144 saat yaşlandırma periyodunda ortaya çıkmıştır.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.36'da verilmiştir.

Çizelge 3.36. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L) Duncan testi sonuçları.

Faktör AB**	Isıl işlemsiz		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	65,35	B	63,85	C	33,16	I
Avrupa kızılacağı	57,65	D	49,28	F	38,50	G
Akkavak	68,49	A*	64,69	BC	36,72	H
Aksöğüt	56,62	D	54,71	E	35,77	H
LSD $\pm$ 0,70996						

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem

Işıklılık değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşiminde, en yüksek, ısıl işlemsiz akkavakta, en düşük; 212 °C’de 2 saat ısıl işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.37’de verilmiştir.

Çizelge 3.37. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L) Duncan testi sonuçları.

Faktör AC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	54,50	BC	55,72	ABC	52,14	C
Avrupa kızılağacı	46,62	D	52,25	C	46,57	D
Akkavak	56,45	AB	58,91	A*	54,53	BC
Aksöğüt	47,56	D	53,14	BC	46,39	D
LSD $\pm$ 0,40211						

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi

Işıklılık değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, su bazlı vernik uygulanmış akkavakta, en düşük; sentetik vernik ve tik yağı uygulanmış Avrupa kızılağacı ve aksöğüt odunlarında bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.38’de verilmiştir.

Çizelge 3.38. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerine (L) ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	58,14	AB	52,55	CDEF	52,29	CDEF	53,50	CDE
Avrupa kızılağacı	46,91	G	46,93	G	50,08	EFG	50,00	EFG
Akkvak	59,52	A*	56,47	ABC	54,81	BCD	55,73	ABCD
Aksöğüt	48,77	FG	45,93	G	49,73	EFG	51,69	DEF
LSD $\pm$ 0,12549								

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, D: Yaşlandırma periyodu

Işıklılık değeri; ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, kontrol örneğinde akkavak odununda elde edilirken, en düşük; 144 saat yaşlandırma periyodundaki Avrupa kızılağacı ve aksöğüt odunlarında bulunmuştur. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.39’da verilmiştir.

Çizelge 3.39. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L) Duncan testi sonuçları.

Faktör BC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	62,09	B	64,52	A*	59,47	C
190 °C - 1,5 saat	57,32	D	60,54	C	56,55	D
212 °C - 2 saat	34,45	F	39,96	E	33,71	F
LSD $\pm$ 0,29215						

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri  
 \*\*: B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi

Işıklılık değeri; ısıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, su bazlı vernik uygulanmış ısıl işlemsiz örneklerde görülürken, en düşük; tik yağı ve sentetik vernik uygulanmış 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş uygulamalarda bulunmuştur.

Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.40'da verilmiştir.

Çizelge 3.40. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L\*) Duncan testi sonuçları.

Faktör BD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	68,59	A*	59,53	B	59,71	B	60,28	B
190 °C - 1,5 saat	59,52	B	56,72	C	57,04	C	59,25	B
212 °C - 2 saat	31,90	F	35,16	E	38,43	D	38,65	D
LSD $\pm$ 0,40678								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri  
 \*\*: B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Işıklılık değeri; ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, ısıl işlem görmemiş kontrol örneklerinde, en düşük; 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında kontrol örneklerinde bulunmuştur. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.41'de verilmiştir.

Çizelge 3.41. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L<sup>\*</sup>) Duncan testi sonuçları.

Faktör CD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sentetik vernik	52,80	ABC	50,80	CD	51,42	BCD	50,11	CDE
Su bazlı vernik	56,54	A*	53,68	ABC	54,91	AB	54,90	AB
Tik yağı	50,66	CD	46,93	E	48,85	DE	53,17	ABC
LSD $\pm$ 0,76514								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri

\*\* : C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Işıklılık değeri; vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, su bazlı vernik uygulanmış kontrol örneklerinde, en düşük; tik yağı uygulanmış 144 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş örneklerde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem faktörü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.42’de verilmiştir.

Çizelge 3.42. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin (L<sup>\*</sup>) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC**		Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	67,52	B	66,97	BC	61,55	GH
	190 °C 1,5 saat	64,09	DEF	65,06	CD	62,41	FG
	212 °C 2 saat	31,90	R	35,14	OP	32,46	R
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	56,33	İİ	59,84	H	56,78	I
	190 °C 1,5 saat	46,37	L	54,33	İJ	47,15	L
	212 °C 2 saat	37,16	O	42,57	M	35,77	O
Akkavak	Isıl işlemsiz	68,48	AB	69,54	A*	67,43	B
	190 °C 1,5 saat	64,54	DE	66,77	BC	62,76	EFG
	212 °C 2 saat	36,32	O	40,42	N	33,40	PR
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	56,03	İİ	61,72	GH	52,11	K
	190 °C 1,5 saat	54,27	İJ	56,00	İİ	53,85	JK
	212 °C 2 saat	32,39	R	41,71	MN	33,20	PR
LSD $\pm$ 0,53280							

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıtma işlem, C: Vernik çeşidi

Işıklılık değeri; ağaç malzeme türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, su bazlı vernik uygulanmış ısıtma işlemsiz akkavakta, en düşük; sentetik vernik uygulanmış, 212 °C 2 saat ısıtma işlem uygulanmış Amerikan dişbudak ve aksöğüt odunları ile tik yağı uygulanmış 212 °C 2 saat ısıtma işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.43'de verilmiştir.

Çizelge 3.43. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin ( $L^*$ ) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıt işlemsiz	74,96	B	64,06	E	61,40	G	60,96	G
	190 °C - 1,5 saat	70,08	C	61,13	G	60,81	G	63,38	EF
	212 °C - 2 saat	29,38	U	32,47	T	34,67	S	36,15	RS
Avrupa kızılğacı	Isıt işlemsiz	60,47	G	54,88	İİ	57,21	H	58,04	H
	190 °C - 1,5 saat	44,87	N	47,58	M	51,98	L	52,70	JKL
	212 °C - 2 saat	35,38	S	38,31	P	41,05	O	39,25	OP
Akkavak	Isıt işlemsiz	77,11	A*	67,02	D	65,47	DE	64,35	E
	190 °C - 1,5 saat	69,06	C	64,51	E	60,84	G	64,34	E
	212 °C - 2 saat	32,38	T	37,87	PR	38,11	P	38,50	P
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	61,80	FG	52,16	KL	54,74	İİJ	57,77	H
	190 °C - 1,5 saat	54,06	İJK	53,63	İJKL	54,55	İJ	56,58	HI
	212 °C - 2 saat	30,45	TU	32,00	T	39,91	OP	40,71	O
LSD $\pm$ 0,67762									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Işıklılık değeri; ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, ısıt işlemsiz yaşlandırılmamış akkavak odununda görülürken, en düşük; 212 °C 2 saat ısıt işlem uygulanmış kontrol örneğinde Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.44'de verilmiştir.

Çizelge 3.44. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin ( $L^*$ ) Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dışbudak	Sentetik vernik	58,52	ABCD	55,88	ABCDEFGH HI	53,03	ABCDEFGH HIJK	50,58	DEFGHIJ KLMN
	Su Bazlı vernik	60,48	AB	53,81	ABCDEFGH HI	54,31	ABCDEFGH HI	54,29	ABCDEFGH HI
	Tik yağı	55,42	ABCDEFGH HI	47,96	HIJKLMN	49,55	EFGHIJK LMN	55,62	ABCDEFGH HI
Avrupa kızılağacı	Sentetik vernik	44,73	LMN	45,68	JKLMN	49,09	FGHIJKL MN	46,99	IJKLMN
	Su Bazlı vernik	51,00	CDEFGHI JKLMN	51,09	CDEFGHIJ KLMN	53,28	ABCDEFGH HIJ	53,61	ABCDEFGH HIJ
	Tik yağı	45,00	JKLMN	44,01	MN	47,87	HIJKLMN	49,39	EFGHIJK LMN
Akkavak	Sentetik vernik	59,00	ABC	57,03	ABCDEFGH	55,79	ABCDEFGH HI	53,98	ABCDEFGH HI
	Su Bazlı vernik	61,11	A*	60,03	AB	57,34	ABCDE	57,18	ABCDEF
	Tik yağı	58,44	ABCD	52,35	BCDEFGHI IJKL	51,30	CDEFGHI JKLMN	56,03	ABCDEFGH H
Aksöğüt	Sentetik vernik	48,97	FGHIJKL MN	44,60	LMN	47,78	IJKLMN	48,91	GHIJKLM N
	Su Bazlı vernik	53,56	ABCDEFGH HIJ	49,78	EFGHIJKL MN	54,73	ABCDEFGH HI	54,50	ABCDEFGH HI
	Tik yağı	43,79	MN	43,41	N	46,69	IJKLMN	51,65	CDEFGHI JKLM

LSD  $\pm$  0,26796

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri

\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Işıklılık değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, su bazlı vernik uygulanmış yaşlandırma uygulanmamış akkavakta, en düşük; tik yağı uygulanmış, 144 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş aksöğüt odununda bulunmuştur. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.45'de verilmiştir.

Çizelge 3.45. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin ( $L^*$ ) Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	68,87	AB	60,39	CDEFG	60,53	CDEF	58,57	EFGH
	Su bazlı vernik	70,60	A*	62,69	C	62,13	CD	62,66	C
	Tik yağı	66,30	B	55,51	İİ	56,46	HIİ	59,61	DEFG
190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	58,21	FGHI	57,57	FGHI	57,34	GHI	56,15	HIİ
	Su bazlı vernik	62,95	C	58,98	EFGH	59,94	CDEFG	60,31	CDEFG
	Tik yağı	57,40	GHI	53,60	İ	53,86	İ	61,30	CDE
212 °C 2 saat	Sentetik vernik	31,33	O	34,43	N	36,39	MN	35,62	N
	Su bazlı vernik	36,07	MN	39,37	KL	42,67	J	41,72	JK
	Tik yağı	28,29	P	31,69	O	36,23	MN	38,61	LM
LSD $\pm$ 1,48558									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri

\*\* : B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Işıklılık değeri; ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, su bazlı vernik uygulanmış, kontrol örneğinde, ısıl işlemsiz grupta görülürken, en düşük; tik yağı uygulanmış, kontrol örneğinde, 212 °C 2 saat ısıl işleme tabi tutulmuş örneklerde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.46'da verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.46. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin ( $L^*$ ) Duncan testi sonuçları.

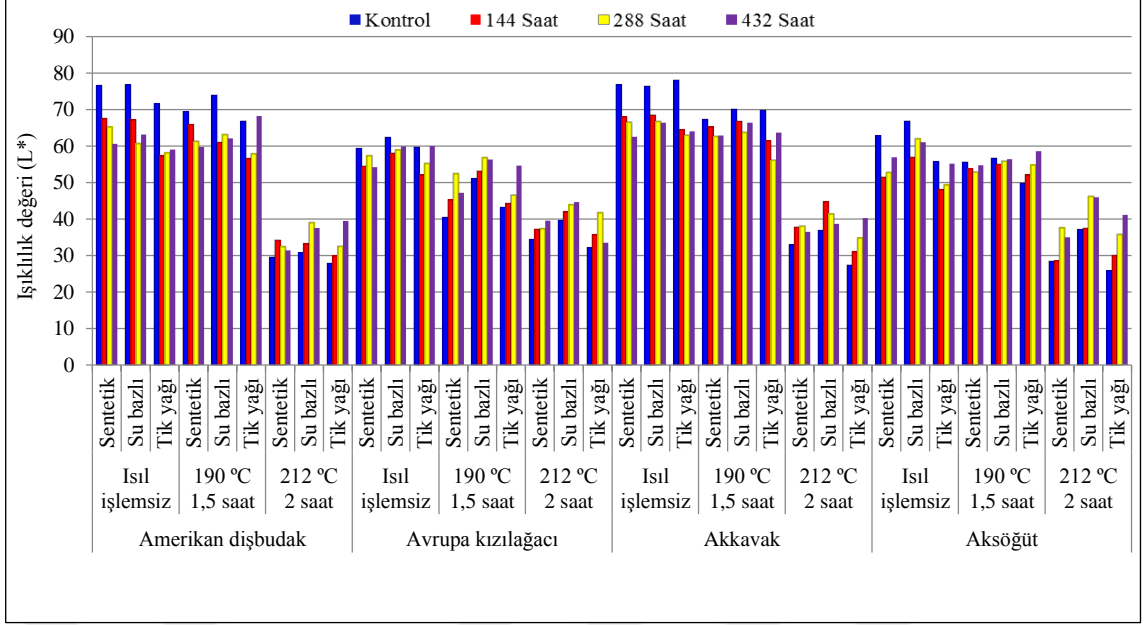
Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu								
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat		
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	
Amerikan dışbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	76,57	AB	67,60	HIİJ	65,32	KLM	60,60	VYZZ1	
		Su bazlı vernik	76,74	AB	67,20	HIİJ	60,72	VYZZ1	63,21	NOPR	
		Tik yağı	71,57	D	57,37	Z6Z7Z8Z9Z10Z11	58,17	Z3Z4Z5Z6Z7Z8	59,08	Z1Z2Z3Z4Z5Z6	
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	69,42	EFG	65,86	JKL	61,32	STUVY	59,74	YZZ1Z2Z3Z4	
		Su bazlı vernik	73,98	C	60,99	UVYZ	63,20	NOPR	62,09	PRSTUV	
		Tik yağı	66,86	HIİJK	56,55	Z8Z9Z10Z11Z12Z13Z14	57,92	Z5Z6Z7Z8Z9Z10	68,30	FGHI	
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	29,57	Z5Z7Z58	34,18	Z4Z7Z48Z49Z50Z51	32,45	Z51Z52Z53Z54Z55	31,40	Z53Z54Z55Z56	
		Su bazlı vernik	30,73	Z55Z56Z57	33,25	Z49Z50Z51Z52	39,00	Z38Z39Z40Z41	37,57	Z41Z42Z43Z44	
		Tik yağı	27,84	Z59	29,96	Z56Z57Z58	32,56	Z51Z52Z53Z54	39,46	Z37Z38Z39Z40	
	Avrupa kızlağacı	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	59,29	ZZ1Z2Z3Z4Z5	54,48	Z16Z17Z18Z19Z20Z21	57,39	Z6Z7Z8Z9Z10Z11	54,18	Z17Z18Z19Z20Z21Z22

Çizelge 3.46. (devam). Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerinin ( $L^*$ ) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Avrupa kızilağacı	Isıl İşlemsiz	Su bazlı vernik	62,40	OPRSTUV	58,08	Z4Z5Z6Z7Z8Z9	58,98	Z1Z2Z3Z4Z5Z6	59,90	YZZ1Z2Z3
		Tik yağı	59,73	YZZ1Z2Z3Z4	52,09	Z2Z3Z4Z2Z5	55,27	Z1Z2Z13Z14Z15Z16Z17Z18	60,05	YZZ1Z2
		Sentetik vernik	40,47	Z36Z37Z38	45,31	Z30Z31Z32Z33	52,48	Z2Z2Z3Z2Z4Z25	47,21	Z28Z29
	190 °C 1,5 saat	Su bazlı vernik	51,02	Z25Z26	53,16	Z19Z20Z21Z22Z23Z24	56,86	Z7Z8Z9Z10Z11Z12	56,29	Z9Z10Z11Z12Z13Z14Z15Z16
		Tik yağı	43,14	Z34Z35	44,27	Z32Z33Z34	46,59	Z28Z29Z30	54,62	Z15Z16Z17Z18Z19Z20
		Sentetik vernik	34,43	Z47Z48Z49Z50	37,24	Z41Z42Z43Z44Z45	37,40	Z41Z42Z43Z44Z45	39,59	Z37Z38Z39
	212 °C 2 saat	Su bazlı vernik	39,59	Z37Z38Z39	42,03	Z35Z36	43,99	Z33Z34	44,65	Z31Z32Z33Z34
		Tik yağı	32,13	Z52Z53Z54Z55	35,67	Z45Z46Z47	41,75	Z35Z36	33,51	Z48Z49Z50Z51Z52
		Sentetik vernik	76,79	AB	67,98	GHIİ	66,63	IİJK	62,54	OPRSTU
	Akkavak	Isıl İşlemsiz	Su bazlı vernik	76,39	B	68,56	EFGH	66,80	HIİJK	66,42
Tik yağı			78,13	A*	64,52	LMN	62,99	NOPRS	64,09	MNO
Sentetik vernik			67,29	HIİJ	65,32	KLM	62,65	OPRSTU	62,90	NOPRST
190 °C 1,5 saat		Su bazlı vernik	70,12	DE	66,78	HIİJK	63,77	MNOP	66,41	IJK
		Tik yağı	69,77	EF	61,45	RSTUVY	56,11	Z10Z11Z12Z13Z14Z15Z16	63,70	MNOP
		Sentetik vernik	32,91	Z50Z51Z52Z53	37,80	Z40Z41Z42Z43	38,09	Z39Z40Z41Z42Z43	36,49	Z43Z44Z45Z46
212 °C 2 saat		Su bazlı vernik	36,82	Z43Z44Z45	44,74	Z31Z32Z33Z34	41,43	Z36	38,70	Z38Z39Z40Z41Z42
		Tik yağı	27,41	Z59	31,08	Z54Z55Z56Z57	34,79	Z46Z47Z48Z49	40,31	Z36Z37Z38
		Sentetik vernik	62,82	NOPRST	51,51	Z24Z25	52,81	Z21Z22Z23Z24	56,98	Z7Z8Z9Z10Z11Z12
Aksöğüt		Isıl İşlemsiz	Su bazlı vernik	66,85	HIİJK	56,91	Z7Z8Z9Z10Z11Z12	62,01	PRSTUV	61,10
	Tik yağı		55,75	Z11Z12Z13Z14Z15Z16Z17	48,07	Z27Z28	49,40	Z26Z27	55,22	Z12Z13Z14Z15Z16Z17Z18
	Sentetik vernik		55,66	Z11Z12Z13Z14Z15Z16Z17	53,79	Z18Z19Z20Z21Z22Z23	52,89	Z20Z21Z22Z23Z24	54,74	Z14Z15Z16Z17Z18Z19
	190 °C 1,5 saat	Su bazlı vernik	56,68	Z8Z9Z10Z11Z12Z13	54,98	Z13Z14Z15Z16Z17Z18	55,90	Z11Z12Z13Z14Z15Z16Z17	56,43	Z8Z9Z10Z11Z12Z13Z14Z15
		Tik yağı	49,84	Z26	52,13	Z23Z24Z25	54,84	Z13Z14Z15Z16Z17Z18Z19	58,58	Z2Z3Z4Z5Z6Z7
		Sentetik vernik	28,42	Z58Z59	28,52	Z58Z59	37,63	Z41Z42Z43Z44	35,00	Z46Z47Z48
	212 °C 2 saat	Su bazlı vernik	37,15	Z42Z43Z44Z45	37,45	Z41Z42Z43Z44Z45	46,26	Z29Z30Z31	45,97	Z29Z30Z31Z32
		Tik yağı	25,79	Z60	30,04	Z56Z57Z58	35,83	Z44Z45Z46Z47	41,15	Z36Z37
		Sentetik vernik	62,82	NOPRST	51,51	Z24Z25	52,81	Z21Z22Z23Z24	56,98	Z7Z8Z9Z10Z11Z12

LSD ± 0,44019

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ışıklılık değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.8. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ışıklılık değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

İşıklılık değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, tik yağı uygulanmış, kontrol örneğinde, ısıl işlemsiz akkavak odununda görülürken, en düşük; tik yağı uygulanmış, kontrol örneğinde, 212 °C 2 saat ısıl işlem uygulamasına tabi tutulmuş aksögüt odununda bulunmuştur.

### 3.2.3.6. Renk Parlaklık (İşıklılık) ( $L^*$ ) İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.35'e göre, ışıklılık değeri; ağaç malzeme türü düzeyinde en yüksek akkavakta görülürken, bunu azalarak sırası ile Amerikan dişbudak, aksögüt ve Avrupa kızılağacı odunları takip etmiştir. En yüksek renk parlaklığı değerinin akkavak odununda çıkma sebebinin, malzemenin açık renkli pigmentlerden oluşmasından ve doğal renginin beyaz veya sarımsı beyaz olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Avrupa kızılağacı odununda ise, malzemenin doğal renginin hafif kırmızımsı kahve renkli olması ışıklılık değerinin düşük çıkması nedenleri arasında gösterilebilir.

Çizelge 3.35'e göre, ışıklılık değeri; ısıl işlem düzeyinde, en yüksek ısıl işlemsiz kontrol örneklerinde, en düşük 212 °C'de 2 saat ısıl işlem uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Isıl işlem sıcaklığı arttıkça ışıklılık değerinin azaldığı görülmektedir. Isıl işlemde ağaç malzeme koyulaştığından doğal haliyle daha parlak bir görünüme sahip olduğu söylenebilir.

Işıklılık değerlerindeki azalmanın renk tonunda koyulaşmaya, ışıklılık değerlerindeki artışın ise rengin açıldığı anlamına gelebileceği bildirilmiştir [164]. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemedeki sıcaklığa bağlı olarak ışıklılık değerindeki azalmanın, glikoz, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimler neticesinde meydana gelmiş olabileceği ifade edilmiştir [280]. Isıl işlemin dezavantajları arasında yer alan kütle kaybı ile odundan ayrılan yan bileşiklerin, odunun ışıklılık değerinin düşmesinde önemli bir etkiye sebep olduğu bildirilmiştir [279]. Işıklılık değeri ile hemiselüloz, lignin ve gluxylan arasında güçlü bir korelasyon olduğu ifade edilmiştir [259]. Isıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış lamine parke üzerinde UV sistem vernik uygulaması yapılmış İskoç çamı (*Pinus sylvestris*) odunundan elde edilen lamine odun örneklerine, 190 °C'de 2 saat süreyle ve 212 °C'de 1 saat ve 2 saat süreyle ThermoWood yöntemiyle ısıl işlem uygulanmıştır. Sonuç olarak, ışıklılık değerinin ısıl işlem sonrası azaldığı bildirilmiştir [298]. Sarıçam odununun ışıklılık değeri meşe odununa göre daha yüksek çıkmıştır. Bu farklılığa ağaç türlerinin anatomik özelliklerinin ve tekstürlerinin sebep olduğu belirtilmiştir [181]. Huş odununa 175 °C ve 200 °C sıcaklıkta; 2, 4, 6, 8, 10 saat süreyle uygulanan ısıl işlem sonunda malzemenin ışıklılık değerinin 80-85'den 40 - 65 değerlerine kadar düştüğü tespit edilmiştir [299]. Ladin ve meşe odunlarının ısıl işlem uygulaması sırasındaki renk değişimleri gözlemlenmiştir. Uygulama sıcaklığının % 50 oranında artmasıyla yüzey ışıklılık değerlerinin her iki ağaç türünde de azaldığı tespit edilmiştir [300]. Ladin odununa farklı sıcaklık (100 °C, 150 °C, 200 °C) ve farklı sürelerde (2, 4, 8, 10, 24 saat) ısıl işlem uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, ışıklılık değerinde en fazla azalmanın 24 saat ısıl işlem uygulamasında elde edildiği bildirilmiştir [123]. Isıl işlem uygulanmış iroko odunu hızlı yaşlandırmaya tabi tutulduğunda, 144 saate kadar ışıklılık değerinde azalma olduğu, 288 saatlik uygulamada ise bir miktar arttığı bildirilmiştir. 144 saat'lik yaşlandırma etkisinin ışıklılık değerlerinde kontrol örneklerine göre yaklaşık % 12,1'lik, 288 saatlik yaşlandırma etkisinin ise, yaklaşık % 10,6'lık bir azalma gösterdiği bildirilmiştir [113]. Hem ısıl işlem görmüş örneklerde, hem de kontrol örneklerinde 144 ve 288 saatlik yaşlandırmada ışıklılık değerinin azaldığı, ancak 576 ve 864 saatlik yaşlandırma periyodunda ışıklılık değerlerinde tüm varyasyonlar için bir artış meydana geldiği bildirilmiştir [144].

Çizelge 3.35'e göre, ışıklılık değeri; vernik çeşidi düzeyinde en yüksek sentetik vernikte, en düşük tik yağı uygulamasında elde edilmiştir. Bu durumun, odun yüzeyinin

tik yağını absorbe ederek katman bırakmayıp mat bir görünüm oluşturmasından, sentetik verniğin ise yüzeyde parlak bir katman oluşturmasından kaynaklanmış olabileceği söylenebilir. Çift bileşenli su bazlı verniklerin, tek bileşenli su bazlı verniklere göre ışıklılık değerlerinin daha yüksek çıktığı, bunun sebebinin çift bileşenli verniklerin yapısal özelliklerinden kaynaklandığı belirtilmiştir [181], [286].

Çizelge 3.35'e göre, ışıklılık değeri; yaşlandırma periyodu düzeyinde en yüksek kontrol örneklerinde görülürken, bunu sırası ile azalarak 432 saat, 288 saat ve 144 saatlik yaşlandırma periyodları takip etmiştir. Burada dikkat çeken en büyük unsurun, daha ilk aşama olan 144 saatlik yaşlandırma periyoduna gelindiğinde en düşük ışıklılık değerine ulaşılmış olunması, 288 ve 432 saatlik periyotlarda ise azalması gerekirken, bu değerlerin artış göstermesinin dikkat çekici olduğu söylenebilir. Hızlandırılmış yaşlandırma yapılan çalışmada [301], 835 saat sonunda ısıl işlem görmüş test örneklerinin renk stabilitesinin ısıl işlem görmemiş olanlardan daha iyi olduğu belirtilmiş, bunun ısıl işlem görmüş odunun yapısındaki değişimlerden dolayı (lignin modifikasyonu ve fenolik bileşiklerin monomerleri) UV ışınlarına karşı daha dirençli hale gelmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Doğal ve su döngülü WOM (weather-ometer) yapay yaşlandırmaya maruz bırakılmış polimerik malzemelerdeki renk değişimi testlerinde; ışıklılık değerinin bundan zarar gördüğü, yaşlanma süresince katman yüzeyinde yer yer beyazlaşmalar olduğu ve parlaklık kaybının hacimsel yüzey kayıpları ile daha da arttığı bildirilmiştir [291]. Açık havada yaşlandırılan örnekler için ışıklılık değerlerinin, kontrol örneklerinden daha düşük çıktığı tespit edilmiştir [302].

Çizelge 3.46'ya göre, ışıklılık değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşiminde (ABCD), en yüksek tik yağı uygulanmış, yaşlandırılmamış, ısıl işlemsiz akkavak odununda bulunmuştur. Tüm karşılaştırma değerleri dikkatle incelendiğinde ışıklılık değerinin yüksek çıkmasındaki en büyük etkenin akkavak odununun anatomik ve tekstür yapısından kaynaklandığı görülmektedir. Amerikan dişbudak odununun da aynı şartlarda benzer davranış özellikleri gösterdiği göze çarpmakta, ancak 212 °C 2 saat ısıl işlem sürecine gelindiğinde akkavak odununun beklenmedik bir yükseliş gösterdiği dikkat çekmektedir. En düşük değer ise; tik yağı uygulanmış, yaşlandırılmamış, 212 °C 2 saat ısıl işlem görmüş aksöğüt odununda elde edilmiştir. Tüm karşılaştırma değerleri incelendiğinde, aynı şartlarda tüm ağaç malzeme türlerinin birbirlerine yakın sonuç verdiği görülmektedir. Burada, ışıklılık değerini düşüren en büyük etkenin ısıl işlem

sıcaklığı ve süresinin olduğu, diğer ikinci en büyük etkenin ise aksöğüt odununun kendine ait anatomik ve tekstür yapısından kaynaklandığı söylenebilir.

### 3.2.3.7. Toplam Renk Değişimi ( $\Delta E^*$ ) İle İlgili Bulgular

Farklı vernik çeşidinin uygulandığı ısı işlem görmüş deney örneklerinin yaşlandırmaya tabi tutulması sonucu, toplam renk değişimi değerleri incelenerek farklılıklar tespit edilmiş, elde edilen ortalama değerler Çizelge 3.47’de verilmiştir.

Çizelge 3.47. Toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Amerikan dışbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	81,59	81,14	79,35	77,10
			S	2,55	1,89	2,09	1,90
			X min	76,64	76,68	75,95	74,48
			X max	84,67	82,98	83,41	79,65
		Su bazlı	$\bar{x}$	81,06	79,64	73,21	74,64
			S	1,91	1,45	1,67	2,70
			X min	78,09	76,58	71,15	71,26
			X max	83,89	81,32	76,14	78,15
		Tik yağı	$\bar{x}$	80,03	70,95	69,57	67,97
			S	2,80	3,01	1,84	2,65
			X min	75,97	65,96	67,36	63,88
			X max	83,81	75,42	72,36	72,61
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	75,63	77,28	75,18	74,58
			S	1,89	1,46	1,85	1,74
			X min	73,41	75,04	72,59	71,55
			X max	79,97	79,31	77,74	77,18
		Su bazlı	$\bar{x}$	78,52	72,49	74,96	72,98
			S	0,79	1,35	1,47	1,99
			X min	77,48	70,38	72,99	69,45
			X max	79,97	74,83	77,25	75,99
		Tik yağı	$\bar{x}$	76,42	69,76	68,98	75,20
			S	1,72	1,67	1,86	1,23
			X min	73,43	67,75	64,53	72,67
			X max	79,01	72,29	71,11	76,57
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	31,54	39,09	35,72	33,77	
		S	1,40	2,96	1,64	0,95	
		X min	28,93	34,58	33,82	32,72	
		X max	33,76	43,60	38,49	35,93	
	Su bazlı	$\bar{x}$	32,54	36,25	43,82	41,68	
		S	0,91	1,16	4,04	3,11	
		X min	31,12	34,15	38,10	37,62	
		X max	33,93	37,55	50,27	46,84	
	Tik yağı	$\bar{x}$	29,54	31,24	34,18	41,81	
		S	1,17	0,75	1,85	3,87	
		X min	27,77	30,04	30,87	36,42	
		X max	31,40	33,00	36,55	48,64	
Avrupa kızıltağacı	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	69,94	66,33	70,73	68,63
			S	0,58	1,34	0,89	0,92
			X min	68,88	64,29	68,86	67,22
			X max	70,65	68,11	72,03	70,20
		Su bazlı	$\bar{x}$	70,35	68,98	68,83	68,92
			S	1,42	1,38	0,50	0,62

Çizelge 3.47. (devam). Toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu				
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat	
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	Su bazlı	$X_{min}$	67,61	67,36	68,08	68,00	
			$X_{max}$	72,59	72,17	69,61	70,04	
		Tik yağı	$\bar{x}$	75,62	64,53	65,67	66,52	
			$S$	1,23	0,63	1,04	2,79	
			$X_{min}$	73,04	63,31	64,41	63,13	
			$X_{max}$	77,13	65,21	66,96	71,96	
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	45,16	52,48	63,72	57,47	
			$S$	2,52	1,99	0,70	1,51	
			$X_{min}$	42,26	49,43	62,65	54,64	
			$X_{max}$	48,96	55,75	64,62	59,38	
		Su bazlı	$\bar{x}$	56,75	61,59	64,60	64,67	
			$S$	0,67	0,99	1,59	0,86	
			$X_{min}$	55,83	59,44	61,81	63,12	
			$X_{max}$	57,93	62,77	66,53	65,98	
		Tik yağı	$\bar{x}$	50,82	52,00	55,46	61,29	
			$S$	2,13	1,84	2,03	1,61	
			$X_{min}$	48,05	48,99	52,50	58,81	
			$X_{max}$	54,27	54,84	58,03	63,76	
	212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	39,27	43,20	43,92	46,89	
			$S$	1,39	1,88	1,26	0,73	
			$X_{min}$	36,68	40,90	41,58	45,73	
			$X_{max}$	41,19	45,85	45,63	47,83	
		Su bazlı	$\bar{x}$	44,31	47,93	50,60	50,34	
			$S$	0,51	0,98	1,41	0,94	
			$X_{min}$	43,28	46,88	48,76	49,02	
			$X_{max}$	44,93	49,89	52,69	51,64	
		Tik yağı	$\bar{x}$	37,30	41,62	46,17	37,59	
			$S$	1,08	1,38	2,59	0,58	
			$X_{min}$	35,60	39,06	41,78	36,79	
			$X_{max}$	38,86	43,28	50,09	38,48	
	Akkavak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	84,49	80,83	80,30	78,05
				$S$	0,82	2,37	0,83	3,50
				$X_{min}$	83,51	76,58	79,16	72,55
				$X_{max}$	85,87	83,20	81,64	82,38
			Su bazlı	$\bar{x}$	82,62	79,82	77,33	75,67
				$S$	0,51	0,56	0,56	1,17
$X_{min}$				81,68	79,09	76,73	73,68	
$X_{max}$				83,10	80,82	78,28	77,14	
Tik yağı			$\bar{x}$	86,73	78,90	72,49	73,86	
			$S$	0,38	0,62	0,72	1,29	
			$X_{min}$	85,96	77,98	71,24	71,97	
			$X_{max}$	87,10	79,68	73,27	75,68	
190 °C 1,5 saat		Sentetik	$\bar{x}$	75,75	77,49	76,38	77,06	
			$S$	1,06	0,71	1,40	0,64	
			$X_{min}$	73,75	76,74	73,79	75,49	
			$X_{max}$	77,61	78,56	77,65	77,95	
		Su bazlı	$\bar{x}$	75,52	76,07	72,24	74,00	
			$S$	0,76	0,69	0,67	0,98	
			$X_{min}$	74,34	75,14	71,43	72,26	
			$X_{max}$	76,80	77,40	73,60	75,23	
		Tik yağı	$\bar{x}$	79,93	74,50	68,33	71,78	
			$S$	2,30	1,46	1,37	1,05	
			$X_{min}$	75,88	70,83	65,97	69,69	

Çizelge 3.47. (devam). Toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu				
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat	
Akkavak	190 °C 1,5 saat	Tik yağı	$X_{max}$	82,45	76,20	70,04	73,03	
			Sentetik	$\bar{x}$	36,75	44,04	44,44	43,30
	$S$	2,90		1,37	2,00	3,14		
	$X_{min}$	32,00		41,37	41,15	38,08		
	$X_{max}$	40,91		45,65	48,07	47,10		
	212 °C 2 saat	Su bazlı	$\bar{x}$	41,99	50,78	47,03	43,56	
			$S$	1,25	0,43	3,23	4,64	
			$X_{min}$	40,18	50,10	42,34	38,96	
			$X_{max}$	44,48	51,58	51,32	50,34	
		Tik yağı	$\bar{x}$	29,64	33,95	39,05	43,58	
			$S$	1,84	2,05	2,56	1,50	
	$X_{min}$		27,35	31,57	35,12	40,57		
	$X_{max}$		32,33	38,97	42,47	45,50		
	Aksöğüt	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	72,52	63,12	64,28	69,65
				$S$	1,69	1,04	3,21	1,74
				$X_{min}$	68,93	60,92	59,44	67,06
$X_{max}$				74,14	64,67	69,32	71,93	
Su bazlı			$\bar{x}$	73,12	65,82	69,60	67,82	
			$S$	0,71	1,79	1,22	1,15	
			$X_{min}$	71,73	61,60	66,49	65,49	
			$X_{max}$	74,36	67,92	70,60	69,03	
Tik yağı			$\bar{x}$	68,95	59,46	58,52	62,53	
			$S$	2,11	1,20	2,38	2,49	
			$X_{min}$	65,26	57,44	55,43	59,10	
			$X_{max}$	72,14	60,92	62,52	66,35	
190 °C 1,5 saat		Sentetik	$\bar{x}$	63,78	63,91	63,75	66,31	
			$S$	0,38	1,17	1,18	1,52	
			$X_{min}$	63,19	62,38	62,14	63,66	
			$X_{max}$	64,45	65,37	65,78	68,36	
		Su bazlı	$\bar{x}$	62,81	63,94	64,90	64,43	
			$S$	1,38	1,34	0,94	2,20	
			$X_{min}$	60,71	61,20	62,82	61,92	
			$X_{max}$	64,99	65,41	66,08	67,71	
		Tik yağı	$\bar{x}$	60,44	64,55	61,79	63,79	
			$S$	2,16	2,09	1,47	1,74	
			$X_{min}$	56,98	61,69	59,52	60,20	
			$X_{max}$	64,49	68,67	63,83	66,59	
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	29,83	29,91	43,94	39,48		
		$S$	0,79	0,94	3,97	1,05		
		$X_{min}$	29,00	28,66	38,25	37,28		
		$X_{max}$	31,74	31,16	48,76	40,91		
	Su bazlı	$\bar{x}$	41,20	40,64	51,31	50,54		
		$S$	1,29	2,35	2,31	2,06		
		$X_{min}$	39,31	34,34	47,55	48,26		
		$X_{max}$	43,26	43,00	54,70	53,62		
	Tik yağı	$\bar{x}$	27,03	32,12	39,23	43,37		
		$S$	0,99	0,72	2,57	1,62		
		$X_{min}$	25,61	31,20	34,03	40,69		
		$X_{max}$	28,58	33,70	41,40	46,08		

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama,  $S$ : Standart sapma,  $X_{min}$ : En küçük değer,  $X_{max}$ : En büyük değer

Toplam renk değişimi değerleri, ağaç malzeme türü, ısıl işlem periyodu, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla oklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları izelge 3.48’de verilmiştir.

Çizelge 3.48. Toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha= 0,05$
Ağaç türü (A)	20376,240	3	6792,080	2125,883	0,000*
Isıl işlem (B)	293342,280	2	146671,140	45907,249	0,000*
Vernik eşidi (C)	5458,207	2	2729,103	854,194	0,000*
Yaşlandırma periyodu (D)	537,457	3	179,152	56,074	0,000*
Etkileşim (AB)	24318,730	6	4053,122	1268,604	0,000*
Etkileşim (AC)	1060,658	6	176,776	55,330	0,000*
Etkileşim (AD)	2318,526	9	257,614	80,632	0,000*
Etkileşim (BC)	2100,620	4	525,155	164,371	0,000*
Etkileşim (BD)	8436,745	6	1406,124	440,109	0,000*
Etkileşim (CD)	963,922	6	160,654	50,284	0,000*
Etkileşim (ABC)	1809,927	12	150,827	47,208	0,000*
Etkileşim (ABD)	2772,795	18	154,044	48,215	0,000*
Etkileşim (ACD)	1093,002	18	60,722	19,006	0,000*
Etkileşim (BCD)	1015,528	12	84,627	26,488	0,000*
Etkileşim (ABCD)	2199,797	36	61,105	19,126	0,000*
Error	4140,649	1296	3,195		
Total	371945,084	1439			

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

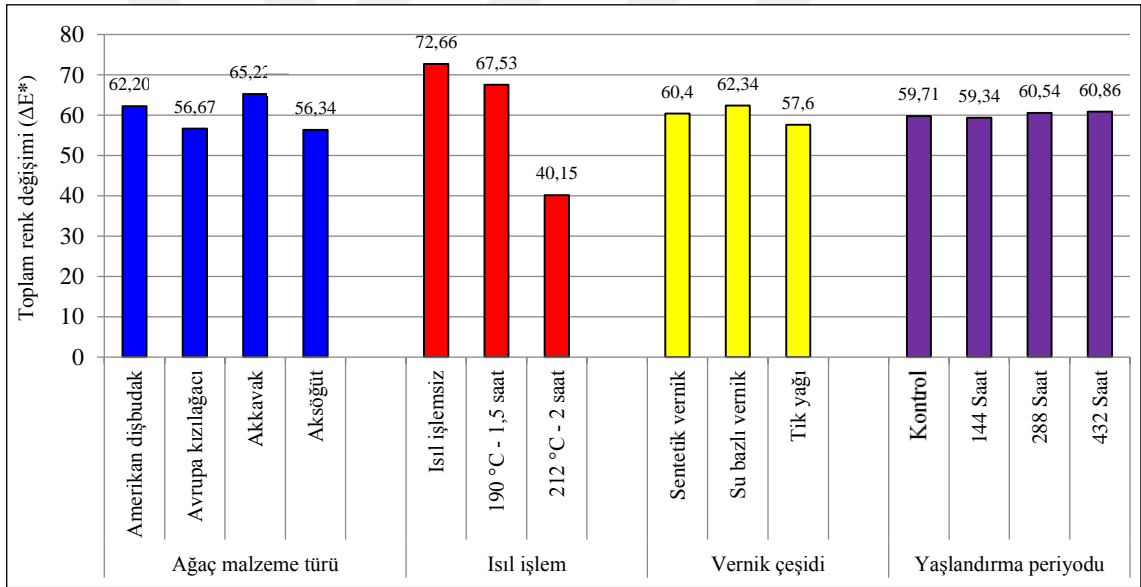
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ( $\alpha= 0,05$ ).

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları izelge 3.49’da verilmiş olup, bu değerlere ait grafik ise Şekil 3.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.49. Ağaç malzeme türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	62,205	B	LSD $\pm$ 0,09923
	Avrupa kızılğacı	56,67	C	
	Akkavak	65,223	A*	
	Aksöğüt	56,34	D	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	72,66	A*	LSD $\pm$ 0,18557
	190 °C - 1,5 saat	67,53	B	
	212 °C - 2 saat	40,15	C	
Vernik çeşidi	Sentetik vernik	60,40	B	LSD $\pm$ 0,34528
	Su bazlı vernik	62,34	A*	
	Tik yağı	57,60	C	
Yaşlandırma periyodu	Kontrol	59,71	C	LSD $\pm$ 0,26172
	144 Saat	59,34	D	
	288 Saat	60,54	B	
	432 Saat	60,86	A*	

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



Şekil 3.9. Ağaç malzeme türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde toplam renk değişimi değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Toplam renk değişim değeri; ağaç malzeme düzeyinde, en yüksek akkavak odununda, en düşük aksöğüt odununda bulunmuştur. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek toplam renk değişim değeri ısıt işlemsiz uygulamada, en düşük değer 212 °C - 2 saat ısıt işlem uygulamasında görülmüştür. Vernik çeşidi düzeyinde; en yüksek toplam renk değişim değeri su bazlı vernik uygulamasında, en düşük değer tik yağı uygulamasında tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodu düzeyinde; en yüksek toplam renk değişim değeri 432

saat uygulamasında, en düşük değeri ise 144 saat yaşlandırma periyodunda ortaya çıkmıştır. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.50’de verilmiştir.

Çizelge 3.50. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör AB**	Isıtma işlemi		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	76,35	B	74,33	C	35,93	J
Avrupa kızıltağacı	68,75	D	57,17	G	44,10	H
Akkavak	79,26	A*	74,92	C	41,51	I
Aksöğüt	66,28	E	63,70	F	39,05	İ
LSD $\pm$ 0,02558						

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, \*: En yüksek toplam renk değişimi değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıtma işlem

Toplam renk değişimi değeri; ağaç malzeme türü - ısıtma işlem faktörü etkileşiminde, en yüksek, ısıtma işlemi yapılmamış akkavakta, en düşük; 212 °C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.51’de verilmiştir.

Çizelge 3.51. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör AC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	63,50	AB	63,48	AB	59,64	BC
Avrupa kızıltağacı	55,65	CD	59,82	BC	54,55	D
Akkavak	66,57	A*	66,39	A*	62,73	AB
Aksöğüt	55,87	CD	59,68	BC	53,48	D
LSD $\pm$ 0,44731						

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, \*: En yüksek toplam renk değişimi değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi

Toplam renk değişim değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, sentetik ve su bazlı vernik uygulanmış akkavakta, en düşük; tik yağı uygulanmış aksöğüt odununda elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.52’de verilmiştir.

Çizelge 3.52. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör AD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	62,99	AB	61,98	ABC	61,66	ABC	62,19	ABC
Avrupa kızılacağı	54,39	D	55,41	D	58,86	BCD	58,04	BCD
Akkavak	65,94	A*	66,27	A*	64,18	A*	64,54	A*
Aksöğüt	55,52	D	53,72	D	57,48	CD	58,66	BCD
LSD $\pm$ 0,75270								

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

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, D: Yaşlandırma periyodu

Toplam renk değişimi değeri; ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, akkavak odunundaki tüm yaşlandırma periyodlarında elde edilirken, en düşük; Avrupa kızılacağı ve aksöğüt odunlarında kontrol örneklerinde ve 144 saat yaşlandırma periyodlarında bulunmuştur.

Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.53'de verilmiştir.

Çizelge 3.53. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör BC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	74,25	A*	73,59	A*	70,14	B
190 °C - 1,5 saat	67,87	C	68,78	BC	65,94	D
212 °C - 2 saat	39,07	F	44,66	E	36,71	G
LSD $\pm$ 0,11508						

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

\*\* : B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi

Toplam renk değişimi değeri; ısıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, sentetik ve su bazlı vernik uygulanmış ısıl işlemsiz örneklerde, en düşük; tik yağı uygulanmış 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında elde edilmiştir. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.54'de verilmiştir.

Çizelge 3.54. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör BD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	77,25	A*	71,63	B	70,82	B	70,95	B
190 °C - 1,5 saat	66,80	C	67,17	C	67,52	C	68,63	C
212 °C - 2 saat	35,08	F	39,23	E	43,28	D	42,99	D
LSD $\pm$ 0,35580								

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

\*\* : B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Toplam renk değişimi değeri; ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, ısıl işlem görmemiş, kontrol örneğinde, en düşük; 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında, kontrol örneğinde elde edilmiştir.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.55'de verilmiştir.

Çizelge 3.55. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör CD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sentetik vernik	58,86	ABC	59,90	ABC	61,81	A*	61,02	AB
Su bazlı vernik	61,73	A*	62,00	A*	63,20	A*	62,44	A*
Tik yağı	58,54	ABC	56,132	C	56,62	BC	59,11	ABC
LSD $\pm$ 0,40651								

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

\*\* : C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Toplam renk değişimi değeri; vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış 288 saat yaşlandırmada, su bazlı vernik uygulanmış tüm yaşlandırma periyotlarında görülürken, en düşük; tik yağı uygulanmış 144 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş örneklerde elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.56'da verilmiştir.

Çizelge 3.56. Ağaç malzeme türü - ısı işlem - vernik çeşidi etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC**		Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	79,80	AB	77,14	CDE	72,13	I
	190 °C - 1,5 saat	75,67	EF	74,74	FG	72,59	HI
	212 °C - 2 saat	35,03	TU	38,57	S	34,19	U
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	68,91	İ	69,27	İ	68,08	İ
	190 °C - 1,5 saat	54,71	M	61,90	L	54,90	M
	212 °C - 2 saat	43,32	P	48,30	N	40,67	R
Akkavak	Isıl işlemsiz	80,92	A*	78,86	BC	77,99	BCD
	190 °C - 1,5 saat	76,67	DE	74,46	FGH	73,63	GHI
	212 °C - 2 saat	42,13	PR	45,84	O	36,56	T
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	67,39	İ	69,09	İ	62,36	KL
	190 °C - 1,5 saat	64,44	J	64,02	JK	62,64	JKL
	212 °C - 2 saat	35,79	TU	45,92	O	35,44	TU
LSD $\pm$ 0,66103							

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek toplam renk değişim değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi

Toplam renk değişimi değeri; ağaç malzeme türü - ısı işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış ısı işlemiş aksöğüt odununda, en düşük; tik yağı uygulanmış, 212 °C - 2 saat ısı işlem uygulanmış Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısı işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.57'de verilmiştir.

Çizelge 3.57. Ağaç malzeme türü - ısı işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	80,89	B	77,24	C	74,04	DEF	73,24	EFG
	190 °C - 1,5 saat	76,86	C	73,18	EFG	73,04	EFG	74,25	DE
	212 °C - 2 saat	31,21	V	35,53	T	37,90	RS	39,08	PR
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	71,97	FG	66,61	HI	68,41	H	68,02	H
	190 °C - 1,5 saat	50,91	M	55,36	L	61,26	K	61,14	K
	212 °C - 2 saat	40,29	P	44,25	O	46,90	N	44,94	O
Akkavak	Isıl işlemsiz	84,61	A*	79,85	B	76,71	C	75,86	CD
	190 °C - 1,5 saat	77,07	C	76,02	CD	72,32	EFG	74,28	DE
	212 °C - 2 saat	36,13	ST	42,92	O	43,51	O	43,48	O
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	71,53	G	62,80	İJK	64,13	İJ	66,66	HI
	190 °C - 1,5 saat	62,35	JK	64,14	İJ	63,48	İJ	64,84	İİ
	212 °C - 2 saat	32,69	UV	34,23	TU	44,83	O	44,46	O
LSD $\pm$ 0,77958									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Toplam renk değişimi değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, kontrol örneğinde ısıl işlemsiz akkavak odununda, en düşük; kontrol örneğinde 212  C - 2 saat ısıl işlem uygulanmış Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları izelge 3.58’de verilmiştir.

Çizelge 3.58. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi değerlerinin ( $\Delta E^*$ ) Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Sentetik vernik	62,92	ABCDEF GHI	65,84	ABCDE	63,42	ABCDEF GHI	61,82	ABCDEF GHI
	Su Bazlı vernik	64,04	ABCDEF GH	62,79	ABCDEF GHI	64,00	ABCDEF GHI	63,10	ABCDEF GHI
	Tik yağı	61,99	ABCDEF GHIJ	57,32	BCDEF GHIJ	57,57	BCDEF GHIJ	61,66	ABCDEF GHIJ
Avrupa kızılağacı	Sentetik vernik	51,46	K	54,01	HIJK	59,46	ABCDEF GHIJK	57,66	BCDEF GHIJK
	Su Bazlı vernik	57,14	CDEF GHIJK	59,50	ABCDEF GHIJK	61,34	ABCDEF GHIJK	61,31	ABCDEF GHIJK
	Tik yağı	54,58	GHIJK	52,72	IJK	55,77	EFGHIJK	55,13	GHIJK
Akkavak	Sentetik vernik	65,67	ABCDE	67,45	AB	67,04	ABC	66,14	ABCD
	Su Bazlı vernik	66,71	ABCD	68,89	A*	65,53	ABCDEF	64,41	ABCDEF
	Tik yağı	65,44	ABCDEF	62,45	ABCDEF GHI	59,95	ABCDEF GHIJK	63,07	ABCDEF GHI
Aksögüt	Sentetik vernik	55,38	F GHIJK	52,31	JK	57,32	BCDEF GHIJK	58,48	BCDEF GHIJK
	Su Bazlı vernik	59,04	ABCDEF GHIJK	56,80	DEFG GHIJK	61,93	ABCDEF GHIJK	60,93	ABCDEF GHIJK
	Tik yağı	52,14	JK	52,04	JK	53,18	IJK	56,56	DEFG GHIJK

LSD  $\pm$  0,30730

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

\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik eşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Toplam renk değişimi değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, su bazlı vernik uygulanmış 144 saat yaşlandırmaya maruz bırakılmış akkavakta, en düşük; sentetik vernik uygulanmış, kontrol rneğinde Avrupa kızılağacı odununda bulunmuştur.

Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları izelge 3.59’da verilmiştir.

Çizelge 3.59. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	77,14	A*	72,85	BC	73,66	B	73,36	B
	Su bazlı vernik	76,79	A*	73,56	B	72,24	BCD	71,76	BCDE
	Tik yağı	77,83	A*	68,46	FGH	66,56	FGHI	67,72	FGH
190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	65,08	HI	67,79	FGH	69,76	CDEF	68,86	EF
	Su bazlı vernik	68,40	FGH	68,52	EFG	69,17	DEF	69,02	EF
	Tik yağı	66,90	FGH	65,21	GHI	63,64	I	68,01	FGH
212 °C 2 saat	Sentetik vernik	34,35	M	39,06	L	42,01	KL	40,86	KL
	Su bazlı vernik	40,01	L	43,90	JK	48,19	İ	46,53	İJ
	Tik yağı	30,88	N	34,73	M	39,66	L	41,59	KL
LSD $\pm$ 0,37090									

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

\*\* : B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Toplam renk değişimi değeri; ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, sentetik, su bazlı vernik ve tik yağı uygulanmış kontrol örneğinde ısıl işlemsiz uygulamalarda görülürken, en düşük; tik yağı uygulanmış, kontrol örneğinde 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasındaki örneklerde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.60'da verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.60. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

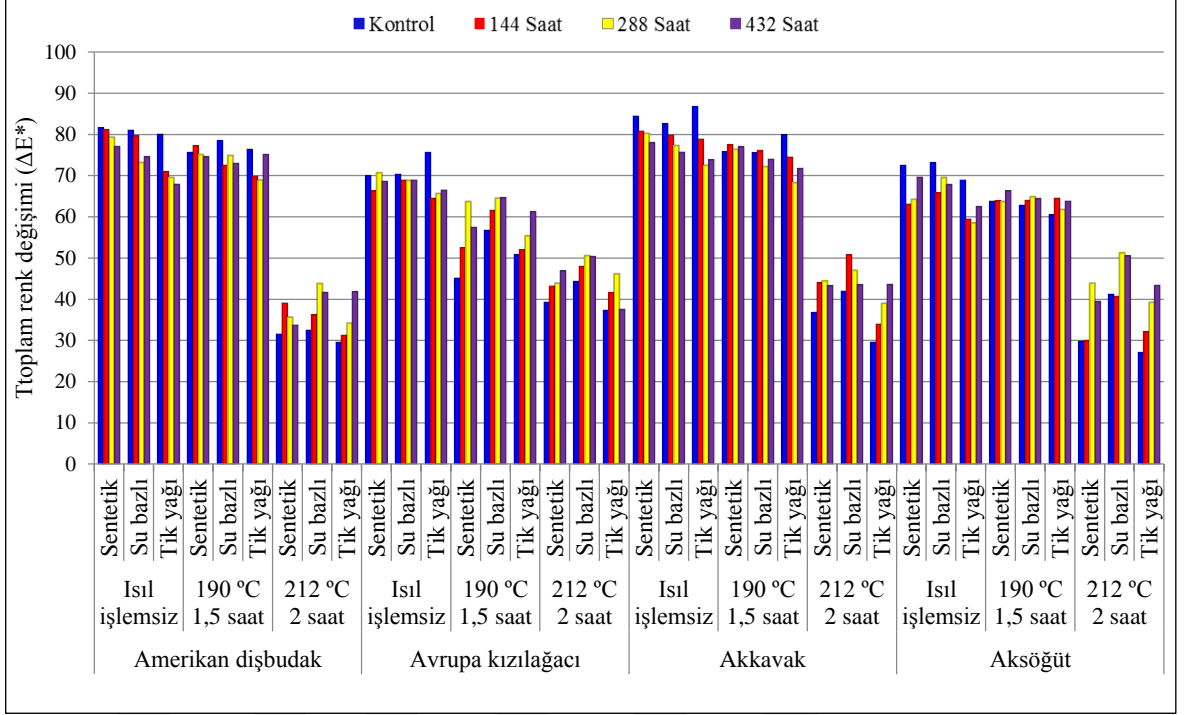
Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dışbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	81,59	CD	81,14	CDE	79,35	EFG	77,10	HIJK
		Su bazlı vernik	81,06	CDE	79,64	EFG	73,21	OPRS	74,64	LMNOP
		Tik yağı	80,03	DEF	70,95	TUV	69,57	VYZZ1Z2Z3	67,97	ZZ2Z3Z4
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	75,63	JKLMN	77,28	HIJK	75,18	LMN	74,58	LMNOP
		Su bazlı vernik	78,52	FGHI	72,49	RST	74,96	LMNO	72,98	PRS
		Tik yağı	76,42	IJKL	69,76	VYZZ1Z2	68,97	YZZ1Z2Z3	75,20	LMN
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	31,54	Z37Z38	39,09	Z30Z31	35,72	Z33Z34	33,77	Z35Z36
		Su bazlı vernik	32,54	Z35Z36Z37	36,25	Z32Z33	43,82	Z25Z26	41,68	Z28Z29
		Tik yağı	29,54	Z39	31,24	Z37Z38Z39	34,18	Z34Z35	41,81	Z27Z28Z29
Avrupa kızılâğacı	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	69,94	VYZZ1	66,33	Z4Z5Z6	70,73	TUVY	68,63	ZZ1Z2Z3
		Su bazlı vernik	70,35	UVYZ	68,98	YZZ1Z2Z3	68,83	ZZ1Z2Z3	68,92	YZZ1Z2Z3
		Tik yağı	75,62	JKLMN	64,53	Z6Z7Z8Z9Z10	65,67	Z5Z6Z7Z8	66,52	Z4Z5

Çizelge 3.60. (devam). Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Avrupa kızılacağı	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	45,16	Z24Z25	52,48	Z20	63,72	Z9Z10Z11	57,47	Z17Z18
		Su bazlı vernik	56,75	Z18Z19	61,59	Z12Z13Z14	64,60	Z6Z7Z8Z9Z10	64,67	Z6Z7Z8Z9Z10
		Tik yağı	50,82	Z20Z21	52,00	Z20Z21	55,46	Z19	61,29	Z13Z14
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	39,27	Z30Z31	43,20	Z26Z27Z28	43,92	Z25Z26	46,89	Z22Z23
		Su bazlı vernik	44,31	Z25Z26	47,93	Z22	50,60	Z21	50,34	Z21
		Tik yağı	37,30	Z32Z33	41,62	Z28Z29	46,17	Z23Z24	37,59	Z31Z32
Akkavak	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	84,49	B	80,83	DE	80,30	DEF	78,05	GHIİ
		Su bazlı vernik	82,62	C	79,82	DEFG	77,33	HIİJK	75,67	JKLMN
		Tik yağı	86,73	A*	78,90	FGH	72,49	RST	73,86	NOPR
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	75,75	JKLMN	77,49	HIİJ	76,38	IJKLM	77,06	IİJK
		Su bazlı vernik	75,52	KLMN	76,07	JKLM	72,24	RST	74,00	NOPR
		Tik yağı	79,93	DEF	74,50	MNOP	68,33	Z1Z2Z3	71,78	STU
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	36,75	Z32Z33	44,04	Z25Z26	44,44	Z25Z26	43,30	Z25Z26Z27Z28
		Su bazlı vernik	41,99	Z27Z28Z29	50,78	Z20Z21	47,03	Z22Z23	43,56	Z25Z26Z27
		Tik yağı	29,64	Z39	33,95	Z35	39,05	Z30Z31	43,58	Z25Z26Z27
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	72,52	RST	63,12	Z9Z10Z11Z12	64,28	Z7Z8Z9Z10Z11	69,65	VYZZ1Z2Z3
		Su bazlı vernik	73,12	PRS	65,82	Z5Z6Z7	69,60	VYZZ1Z2Z3	67,82	Z3Z4
		Tik yağı	68,95	YZZ1Z2Z3	59,46	Z15Z16	58,52	Z16Z17	62,53	Z11Z12Z13
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	63,78	Z8Z9Z10Z11	63,91	Z8Z9Z10Z11	63,75	Z9Z10Z11	66,31	Z4Z5Z6
		Su bazlı vernik	62,81	Z10Z11Z12Z13	63,94	Z8Z9Z10Z11	64,90	Z5Z6Z7Z8Z9	64,43	Z7Z8Z9Z10
		Tik yağı	60,44	Z14Z15	64,55	Z6Z7Z8Z9Z10	61,79	Z12Z13Z14	63,79	Z8Z9Z10Z11
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	29,83	Z39	29,91	Z38Z39	43,94	Z25Z26	39,48	Z30
		Su bazlı vernik	41,20	Z29	40,64	Z29Z30	51,31	Z20Z21	50,54	Z21
		Tik yağı	27,03	Z40	32,12	Z36Z37	39,23	Z30Z31	43,37	Z25Z26Z27Z28

LSD  $\pm$  0,53561

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek toplam renk değişimi değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.10. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Toplam renk değişim değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşimde en yüksek; tik yağı uygulanmış kontrol örneğinde ısıl işlemsiz akkavak odununda görülürken, en düşük; tik yağı uygulanmış, yaşlandırılmamış, 212 °C 2 saat ısıl işlem görmüş aksögüt odununda elde edilmiştir.

### 3.2.3.8. Toplam Renk Değişimi ( $\Delta E^*$ ) İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.49'a göre, toplam renk değişim değeri; ağaç malzeme türü düzeyinde en yüksek akkavak odununda görülürken, bunu azalarak sırası ile Amerikan dişbudak, Avrupa kızılağacı ve aksögüt odunları takip etmiştir. Ağaç malzemelerde görülen bu renk değişikliklerinin ana nedenleri arasında, ağaç malzemenin anatomik yapısı, doğal rengi, hemiselüloz, lignin ve ekstraktif madde oranları söylenebilir. Akkavak odununun ısıl işlem ve yaşlandırma işlemleri sonunda diğer odun türlerine kıyasla daha fazla renk değişimine uğramasının en etkili sebeplerinden bir tanesi başlangıç renk tonunun (kontrol) açık bir yapıda olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısı ile başlangıç ile ısıl işlem ve yaşlandırma periyodları sonrasında renk değişim farkı yüksek çıkmaktadır. Birbirlerine çok yakın değerde olan aksögüt ve Avrupa kızılağacı odunlarının başlangıçtaki doğal renk tonunun diğer odun türlerine kıyasla koyu

olmalarından dolayı, toplam renk değişim farklarının daha az meydana geldiği söylenebilir.

Literatürde [259], [272], odunun birçok özelliğinin tahmin edilmesi ve değerlendirilmesinde toplam renk değişimi değerinin odunun ışıklılık değerinden çok daha uygun olacağı belirtilmiştir. Ayrıca, odunda meydana gelen renk değişiminin yüzeylerde bulunan kinonlardan kaynaklandığı vurgulanmıştır [303]. Ağaç malzemelerin asal ve yan bileşik ihtiva oranlarının farklılık göstermesinin de degradasyonda etkiliğii olduğu düşünölmektedir. Literatürde [304], ağaç malzemelerde asal bileşik ihtiva oranlarının selöloz için; yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlarda % 42, lignin için; yapraklı ağaçlarda % 18 - 25, iğne yapraklı ağaçlarda % 25 - 32, hemiselöloz için; yapraklı ağaçlarda % 15 - 35, iğne yapraklı ağaçlarda % 30 - 32 oranlarında olduğu belirtilmiştir. Gök nar odununun toplam renk değişim değerinin meşe odununa göre daha yüksek çıkmasının nedenlerinden biri olarak, bu malzemenin meşe malzemeye göre daha açık renk tonuna sahip olması ve ısı l işlem sonucunda renginin koyulaşmasının etkili olduğu bildirmiştir. Ayrıca, toplam renk değerindeki bu farklılaşmanın bir başka sebebinin de, ısı l işlem görmüş odunun ana polimerlerinde gerçekleşebilecek kimyasal değişim olabileceği duyurulmuştur [279].

Çizelge 3.49'a göre, toplam renk değişim değeri; ısı l işlem düzeyinde, en yüksek ısı l işlemsiz kontrol örneklerinde, en düşük değer ise 212 °C'de 2 saat ısı l işlem uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. ısı l işlem sıcaklığı arttıkça toplam renk değişim değerinin azaldığı görölmektedir. Bunun sebebinin, ısı l işlem görmemiş kontrol örneklerinin aralarındaki doğal renk tonu farklılıklarından kaynaklandığı söylenebilir. ısı l işlem ve yaşlandırma süreci sonrasında tüm ağaç malzemelerin koyulaşarak birbirlerine yakın değerler vermesi, aralarındaki toplam renk değişim farklarını azalttığı düşünölmektedir.

[305] çalışmasında, odunda ısı l işlem sonrası renk değişiminin hemiselölozun hidrolizinden kaynaklandığını bildirmiştir.

Odunun ısı l işlemi sonunda renk değişiminin yüksek sıcaklıklarda ve uzun muamele periyotlarında daha fazla koyulaşma eğiliminde olduğu belirtilmiştir [124], [139]. Sıcaklık ve sürenin artmasıyla  $\Delta E^*$  değerinin düştüğü bildirilmiştir [181].

ısı l işlem nedeniyle meydana gelen renk değişiminde kristallik derecesi, polimerizasyon derecesi ve OH miktarı arasında bir ilişkinin olduğu ileri sürölmüştür [306]. Oksidatif ve hidrolitik reaksiyonlar arasında nemli ortamda genellikle hidrolitik reaksiyonların

baskın olduğunu ve odunun ısıtılması boyunca kromofor oluşumuna sebebiyet verdiğini, odunda renk değişiminin sebebinin de bu gruplar olduğunu belirtmiştir [52].

Avrupa gümüşi köknar (*Abies alba* L.) odununa 60 dakika süreyle atmosferik basınç altında; 100 °C, 150 °C, 200 °C, 220 °C, 240 °C, 260 °C ve 280 °C'lik yedi farklı sıcaklıkta ısıtılma uygulanmış, en yüksek renk değişikliği 200 °C ve 220 °C sıcaklıklar arasında görülmüştür. 200 °C'nin dönüm noktası olduğu, sonrasında odunun karardığı belirtilmiştir. Toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) ile sakkaritler, mannoz, ksiloz, lignin ve ekstraktif içerikleri arasında çok güçlü bir bağlantı bulunduğu, sıcaklığın tüm renk değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır [54].

*Tectona grandis* ve *Gmelina arborea* odunlarına ısıtılma uygulanmış, en yüksek  $\Delta E^*$  değerleri 205 °C'lik sıcaklıkta elde edilmiş, 205 °C'den 210 °C'ye çıkıldığında  $\Delta E^*$  oranında düşüş saptanmış, sıcaklığın 210 °C'den 220 °C'ye yükselmesiyle  $\Delta E^*$  değerinde tekrar bir artış gözlemlendiği ifade edilmiştir [307]. Meşe, huş ve çam odunları üzerinde yapılan araştırmada, meşe odununun toplam renk değişimi değerlerinin önemli ölçüde daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. 160 - 180 °C sıcaklık aralığındaki ısıtılma uygulanmış odun örneklerinde toplam renk değişimi değerlerinde hızlı bir artışın meydana geldiği ve 180 °C ile 210 °C'lik sıcaklıklarda bu artışın yavaşladığı, ancak 210 - 240 °C'lik sıcaklıklarda toplam renk değişimi değerlerinde hızlı bir yükselmenin başladığı ifade edilmiştir. Bununla birlikte, çam odununun toplam renk değişiminin zıt bir özellik gösterdiği, en büyük değişimin 160 °C'de meydana geldiği, sonrasında ise sıcaklıktaki artışla birlikte toplam renk değişimi değerlerinde kademeli bir azalış gözlemlendiği, toplam renk değişimi değerlerinin, 160 °C sıcaklıkta 240 °C'deki sıcaklıktan üç kat daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir [272].

Yapılan çalışmalarda [272], [289], toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin 180 °C'de (2 saat ve 4 saat sürelerdeki uygulamalarda) 17-22 birim aralığında ve 230 °C sıcaklıkta (2 saat ve 4 saat sürelerdeki uygulamalarda) 37-41 birim aralığında bulunduğu bildirilmiştir.

Çizelge 3.49'a göre, toplam renk değişim değeri; vernik çeşidi düzeyinde en yüksek su bazlı vernikte, en düşük tük yağ uygulamasında tespit edilmiştir. Bu farklılığın, odunun ve verniğin ana bileşenlerinde gerçekleşen kimyasal değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Alkali (pH 8-9) özellik gösteren su bazlı verniklerle oksidasyon sonucu rengin fazla değişime uğradığı bildirilmiştir [113]. Hücre çeperinde tanen bulunan iroko ve sapsız meşe türlerinde, tanenin su çözücülü verniklerle etkileşime girerek, ağaç malzemenin renginde koyulaşmaya sebep olabileceğinin göz önünde bulundurulması gerektiği ifade edilmiştir [308].

Çizelge 3.49'a göre, toplam renk değişim değeri; yaşlandırma periyodu düzeyinde en yüksek 432 saat yaşlandırılmış örneklerde görülürken, bunu sırası ile azalarak 288 saat, kontrol örnekleri ve 144 saatlik yaşlandırma periyodları takip etmiştir.

Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi uygulanan numunelerde toplam renk değişimi değerlerinin yüksek olduğu, bunun UV ışınları, ısı ve yağmurlama etkisiyle fotokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan serbest radikallerden kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir [214]. Sarıçamın diri odunundaki hemiselülozun parçalanması ve termal bozunmayla beraber açığa çıkan düşük moleküllü şeker miktarının artmasıyla sararmanın arttığı, diğer taraftan selülozun parçalanması veya termal bozunma sonucunda daha koyu bir renge dönüştüğü ifade edilmiştir [309]. Termal işlem sonucunda 65 – 95 °C'de gerçekleşen sarıçam ve ladinin diri odunlarında lignin ve hemiselülozdaki bozunma ile ekstraktif bileşiklerinin değişime uğramasının renk değişimlerine sebep olduğu ifade edilmiştir [310].

Çizelge 3.60'a göre, toplam renk değişim değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşiminde (ABCD), en yüksek tik yağı uygulanmış, yaşlandırılmamış, ısıl işlemsiz akkavak odununda bulunmuştur. Tüm karşılaştırma değerleri dikkatle incelendiğinde, toplam renk değişim değerinin yüksek çıkmasındaki en büyük etkenin akkavak odununun açık renk tonlu bir yapıya sahip olmasından kaynaklandığı görülmektedir. En düşük değer ise; tik yağı uygulanmış, yaşlandırılmamış, 212 °C 2 saat ısıl işlem görmüş aksöğüt odununda elde edilmiştir. Tüm karşılaştırma değerleri incelendiğinde, aynı şartlarda tüm ağaç malzeme türlerinin birbirlerine yakın sonuç verdiği görülmektedir. Diğer taraftan, tik yağı uygulanmış ısıl işlemsiz akkavak odunu için yaşlandırma periyodunda süre uzadıkça başlangıç toplam renk değişim değeri düşük çıkarken, tik yağı uygulanmış 212 °C 2 saat ısıl işlem görmüş aksöğüt odununda tam tersi başlangıç değerinin yükselmesi dikkat çekicidir. Akkavak odununda yaşlanma süresi arttığında kararına olacağı için bu durum normal karşılanırken, aksöğütte başlangıç değerinin düşük başlamasından dolayı bu farklılığın olduğu söylenebilir. Burada toplam renk değişim değerini düşüren en büyük

etkenin ısıtma işlem sıcaklığı ve süresinin olduğu, diğer ikinci en büyük etkenin ise aksöğütün doğal halinin diğer odun türlerine göre daha koyu ve bal sarımsı kırmızı tonda olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

### 3.2.4. Parlaklık Ölçümlerine İlişkin Bulgular

#### 3.2.4.1. Liflere paralel parlaklık (//) İle İlgili Bulgular

Farklı vernik çeşidinin uygulandığı ısıtma işlem görmüş deney örneklerinin yaşlandırmaya tabi tutulması sonucu, liflere paralel parlaklık değerlerinde görülen değişim incelenerek farklılıklar tespit edilmiş, elde edilen ortalama liflere paralel parlaklık değerleri Çizelge 3.61’de verilmiştir.

Çizelge 3.61. Liflere paralel parlaklık (//) ölçümlerine ait ortalama değerleri.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol**	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Amerikan Dişbudak	Isıl İşlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	69,33	48,81	47,26	50,99
			S	2,22	1,96	2,13	0,64
			X min	64,40	46,30	42,40	50,20
			X max	71,50	52,80	49,50	51,80
		Su Bazlı	$\bar{x}$	15,73	17,35	20,71	20,81
			S	1,19	1,14	0,43	0,44
			X min	13,40	15,90	20,20	20,30
			X max	17,10	19,00	21,30	21,40
		Tik Yağı	$\bar{x}$	14,36	8,52	5,81	6,05
			S	0,95	0,55	0,26	0,16
			X min	13,00	7,80	5,40	5,80
			X max	15,70	9,40	6,20	6,30
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	63,70	44,74	57,38	45,05
			S	1,77	2,14	1,67	1,44
			X min	60,80	41,70	54,70	43,00
			X max	65,80	48,00	59,40	47,50
		Su Bazlı	$\bar{x}$	16,24	19,22	17,91	16,64
			S	0,37	0,57	1,03	0,46
			X min	15,40	18,40	16,80	15,80
			X max	16,60	20,20	19,90	17,30
		Tik Yağı	$\bar{x}$	17,35	5,82	10,99	5,65
			S	1,14	0,51	0,73	0,31
			X min	15,40	5,20	10,00	5,20
			X max	19,10	6,80	12,00	6,20
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	69,15	56,04	53,81	35,81	
		S	2,88	2,02	2,94	1,26	
		X min	63,60	52,60	49,60	33,80	
		X max	71,90	58,10	56,80	37,40	
	Su Bazlı	$\bar{x}$	16,79	12,55	15,90	19,03	
		S	0,45	0,67	0,66	0,49	
		X min	16,00	11,70	14,40	18,40	
		X max	17,40	13,90	16,60	19,90	
	Tik Yağı	$\bar{x}$	10,31	3,82	3,72	3,59	

Çizelge 3.61. (devam). Liflere paralel parlaklık (//) ölçümlerine ait ortalama değerleri.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol**	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Amerikan Dişbudak	212 °C 2 saat	Tik Yağı	$S$	0,86	0,30	0,17	0,29
			$X_{min}$	8,70	3,10	3,40	3,30
			$X_{max}$	11,60	4,10	4,00	4,10
Avrupa Kızılağacı	Isıl İşlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	66,32	48,21	54,85	46,94
			$S$	2,09	1,23	0,71	1,04
			$X_{min}$	63,70	46,50	53,40	44,70
		$X_{max}$	69,10	50,80	56,00	48,70	
		Su Bazlı	$\bar{x}$	14,11	13,02	15,19	13,60
			$S$	0,38	0,20	0,54	0,38
			$X_{min}$	13,70	12,70	14,30	13,00
		$X_{max}$	14,70	13,30	16,10	14,20	
		Tik Yağı	$\bar{x}$	13,52	5,78	4,82	5,48
			$S$	0,70	0,42	0,09	0,19
			$X_{min}$	12,70	5,30	4,70	5,20
		$X_{max}$	14,50	6,40	5,00	5,80	
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	75,65	62,60	52,98	42,87
			$S$	1,10	1,69	1,84	1,24
			$X_{min}$	74,00	59,60	50,10	41,00
		$X_{max}$	76,90	65,00	55,00	45,00	
		Su Bazlı	$\bar{x}$	15,99	14,41	16,83	14,02
			$S$	0,47	0,21	0,99	0,74
			$X_{min}$	15,30	14,00	15,20	12,90
		$X_{min}$	16,70	14,70	18,60	15,40	
		$X_{max}$	10,28	4,12	7,09	5,38	
		Tik Yağı	$S$	0,80	0,20	0,92	0,12
			$X_{min}$	9,30	3,80	6,00	5,20
			$X_{max}$	11,50	4,50	9,20	5,60
	212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	66,17	36,74	47,86	40,55
			$S$	1,95	1,30	1,95	0,64
			$X_{min}$	64,10	33,80	45,70	40,00
		$X_{max}$	68,90	38,10	51,50	41,80	
		Su Bazlı	$\bar{x}$	15,65	13,75	15,88	12,00
			$S$	0,24	0,92	0,70	0,29
			$X_{min}$	15,20	12,30	15,00	11,30
		$X_{max}$	16,00	14,80	17,10	12,20	
		Tik Yağı	$\bar{x}$	13,47	4,19	3,51	3,56
			$S$	0,45	0,15	0,31	0,14
			$X_{min}$	12,90	4,00	2,90	3,40
		$X_{max}$	14,30	4,50	3,90	3,80	
Akkavak	Isıl İşlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	71,12	54,12	51,15	45,01
			$S$	3,55	1,55	3,31	1,30
			$X_{min}$	64,50	50,70	46,40	43,20
		$X_{max}$	75,50	56,00	55,20	47,00	
		Su Bazlı	$\bar{x}$	15,04	13,21	16,60	14,24
			$S$	1,32	0,37	0,89	0,39
			$X_{min}$	13,00	12,60	15,10	13,70
		$X_{max}$	16,60	13,70	17,60	14,90	
		Tik Yağı	$\bar{x}$	13,59	6,00	4,58	5,94
			$S$	1,69	0,33	0,19	0,19
			$X_{min}$	10,20	5,60	4,30	5,70
		$X_{max}$	15,90	6,60	4,80	6,30	
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	69,72	60,83	51,36	53,02
			$S$	2,11	0,36	1,84	1,51

Çizelge 3.61. (devam). Liflere paralel parlaklık (//) ölçümlerine ait ortalama değerleri.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu				
				Kontrol**	144 Saat	288 Saat	432 Saat	
Akkavak	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$X_{min}$	66,80	60,40	48,80	50,10	
			$X_{max}$	72,80	61,50	55,20	55,00	
		Su Bazlı	$\bar{x}$	14,22	14,13	15,25	14,45	
			$S$	0,68	0,56	0,68	0,21	
			$X_{min}$	13,20	13,10	14,10	14,10	
			$X_{max}$	15,50	14,90	16,00	14,70	
		Tik Yağı	$\bar{x}$	8,67	5,99	7,17	6,15	
			$S$	1,05	0,43	0,38	0,23	
			$X_{min}$	7,30	5,40	6,80	5,80	
			$X_{max}$	9,90	6,90	8,10	6,50	
		212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	62,18	50,02	51,70	42,27
				$S$	2,41	1,44	0,97	1,35
	$X_{min}$			58,60	47,70	50,60	40,20	
	$X_{max}$			67,10	51,80	53,70	43,90	
	Su Bazlı		$\bar{x}$	14,33	12,22	12,10	10,77	
			$S$	0,80	0,58	0,32	0,43	
			$X_{min}$	13,10	11,20	11,50	10,40	
			$X_{max}$	15,70	12,90	12,70	11,90	
	Tik Yağı		$\bar{x}$	15,25	4,03	3,29	4,03	
			$S$	1,03	0,41	0,10	0,31	
			$X_{min}$	13,80	3,70	3,10	3,70	
			$X_{max}$	17,00	4,80	3,40	4,60	
	Aksöğüt	Isıl İşlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	72,51	47,13	46,56	46,37
				$S$	1,91	1,40	1,69	1,84
$X_{min}$				70,30	44,60	43,60	43,70	
$X_{max}$				76,30	48,60	48,40	49,10	
Su Bazlı			$\bar{x}$	14,89	12,44	15,58	11,99	
			$S$	0,53	0,70	0,77	0,50	
			$X_{min}$	13,80	11,30	14,40	11,20	
			$X_{max}$	15,80	13,80	16,60	12,80	
Tik Yağı			$\bar{x}$	10,89	5,81	3,84	4,65	
			$S$	0,99	0,36	0,44	0,37	
			$X_{min}$	9,80	5,30	3,50	4,20	
			$X_{max}$	12,30	6,20	5,00	5,30	
190 °C 1,5 saat		Sentetik	$\bar{x}$	70,16	53,95	43,12	49,46	
			$S$	1,04	0,99	2,14	0,87	
			$X_{min}$	68,50	52,60	40,10	48,10	
			$X_{max}$	71,50	55,30	45,80	50,80	
		Su Bazlı	$\bar{x}$	15,30	15,29	17,73	13,69	
			$S$	0,49	0,35	0,29	0,61	
			$X_{min}$	14,40	14,90	17,30	12,30	
			$X_{max}$	15,90	16,10	18,20	14,20	
		Tik Yağı	$\bar{x}$	12,46	5,74	5,05	5,28	
			$S$	0,84	0,29	0,12	0,19	
			$X_{min}$	11,30	5,30	4,90	5,00	
			$X_{max}$	13,40	6,10	5,30	5,60	
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	71,92	50,40	48,20	36,04		
		$S$	1,54	1,65	1,60	1,34		
		$X_{min}$	69,90	48,08	45,90	34,50		
		$X_{max}$	74,90	52,90	50,80	38,70		
	Su Bazlı	$\bar{x}$	16,22	10,27	14,53	13,08		
		$S$	0,65	0,30	0,44	0,51		
		$X_{min}$	15,10	9,90	13,60	12,50		

Çizelge 3.61. (devam). Liflere paralel parlaklık (//) ölçümlerine ait ortalama değerleri.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol**	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Aksöğüt	212 °C 2 saat	Su Bazlı	$X_{max}$	17,10	10,90	14,90	13,80
		Tik Yağı	$\bar{x}$	18,87	3,22	3,21	2,98
			$S$	0,53	0,08	0,12	0,15
			$X_{min}$	18,10	3,10	3,00	2,80
			$X_{max}$	19,80	3,40	3,40	3,30

$X$ : Aritmetik ortalama,  $S$ : Standart sapma,  $X_{min}$ : En küçük değer,  $X_{max}$ : En büyük değer

Liflere paralel parlaklık değerleri, ağaç malzeme türü, ısıl işlem periyodu, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.62’de verilmiştir.

Çizelge 3.62. Liflere paralel parlaklık (//) değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç türü (A)	3	549,580	183,193	141,343	0,000*
Isıl işlem (B)	2	1725,630	862,815	665,708	0,000*
Vernik çeşidi (C)	2	598263,107	299131,554	230795,903	0,000*
Yaşlandırma periyodu (D)	3	26436,090	8812,030	6798,950	0,000*
Etkileşim (AB)	6	397,655	66,276	51,135	0,000*
Etkileşim (AC)	6	847,435	141,239	108,974	0,000*
Etkileşim (AD)	9	961,050	106,783	82,389	0,000*
Etkileşim (BC)	4	598,291	149,573	115,403	0,000*
Etkileşim (BD)	6	941,231	156,872	121,035	0,000*
Etkileşim (CD)	6	20023,022	3337,170	2574,804	0,000*
Etkileşim (ABC)	12	1699,781	141,648	109,289	0,000*
Etkileşim (ABD)	18	1514,075	84,115	64,899	0,000*
Etkileşim (ACD)	18	1130,566	62,809	48,461	0,000*
Etkileşim (BCD)	12	1361,031	113,419	87,509	0,000*
Etkileşim (ABCD)	36	4403,221	122,312	94,370	0,000*
Error	1296	1679,729	1,296		
Total	1439	662531,494			

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

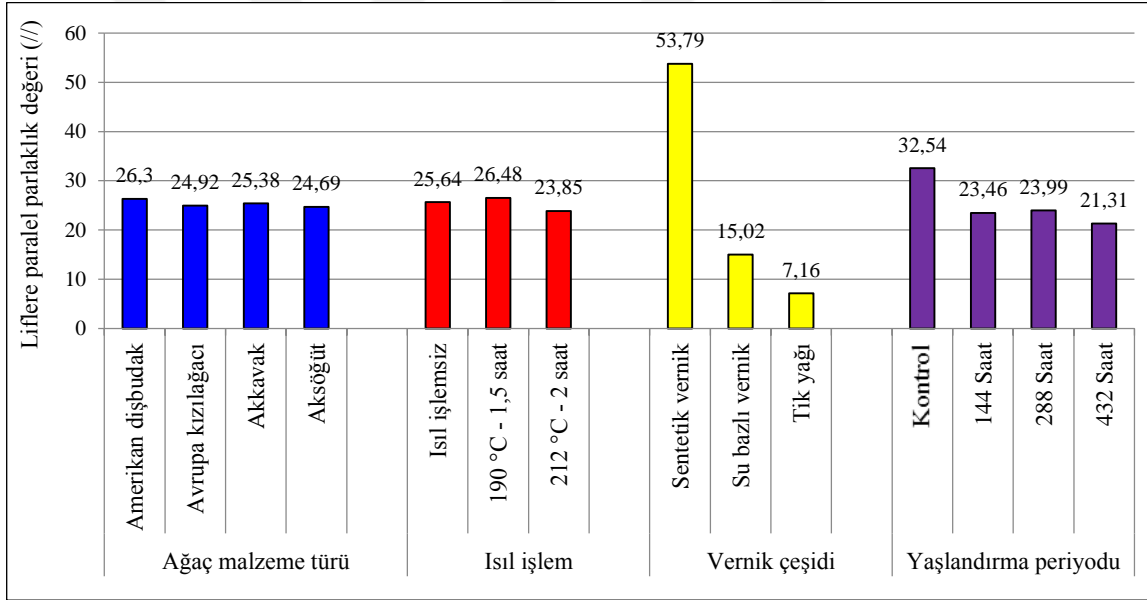
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ( $\alpha=0,05$ ).

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.63’de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik ise Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.63. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde liflere paralel parlaklık (//) değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	26,30	A*	LSD $\pm$ 0,26762
	Avrupa kızılacağı	24,92	C	
	Akkavak	25,38	B	
	Aksögüt	24,69	D	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	25,64	B	LSD $\pm$ 1,09161
	190 °C - 1,5 saat	26,48	A*	
	212 °C - 2 saat	23,85	C	
Vernik çeşidi	Sentetik vernik	53,79	A*	LSD $\pm$ 3,78454
	Su bazlı vernik	15,02	B	
	Tik yağı	7,16	C	
Yaşlandırma periyodu	Kontrol	32,54	A*	LSD $\pm$ 0,12873
	144 Saat	23,46	C	
	288 Saat	23,99	B	
	432 Saat	21,31	D	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere paralel parlaklık değeri



Şekil 3.11. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde liflere paralel parlaklık (//) değerlerine ait sonuçları.

Liflere paralel parlaklık değeri; ağaç malzeme düzeyinde, en yüksek Amerikan dişbudak odununda, en düşük aksögüt odununda elde edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek liflere paralel parlaklık değeri 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem uygulamasında, en düşük 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında görülmüştür. Vernik çeşidi düzeyinde; en yüksek liflere paralel parlaklık değeri sentetik vernik uygulamasında, en düşük değer tik yağı uygulamasında tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodu düzeyinde; en yüksek liflere paralel parlaklık değeri kontrol örneklerinde, en düşük değer 432 saatlik

yaşlandırma periyodunda ortaya çıkmıştır. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem faktörü etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.64’de verilmiştir.

Çizelge 3.64. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem etkileşimine ait liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör AB**	Isıtma işlemi		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	27,14	A*	26,72	B	25,04	D
Avrupa kızılğacı	25,15	D	26,84	B	22,78	H
Akkavak	25,88	C	26,75	B	23,52	G
Aksöğüt	24,39	E	25,60	C	24,08	F
LSD $\pm$ 0,16770						

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

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıtma işlem

Liflere paralel parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - ısıtma işlem etkileşiminde, en yüksek ısıtma işlemi Amerikan dişbudakta, en düşük; 212 °C - 2 saat ısıtma işlemi uygulanmış Avrupa kızılğacı odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.65’de verilmiştir.

Çizelge 3.65. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör AC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	53,51	B	17,41	D	8,00	G
Avrupa kızılğacı	53,47	B	14,4	E	6,77	H
Akkavak	55,21	A*	13,88	F	7,06	H
Aksöğüt	52,99	C	14,25	E	6,83	H
LSD $\pm$ 0,35738						

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

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi

Liflere paralel parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış akkavakta, en düşük; tik yağı uygulanmış Avrupa kızılğacı, akkavak ve aksöğüt odun türlerinde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.66’da verilmiştir.

Çizelge 3.66. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör AD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	32,55	B	24,10	F	25,94	D	22,62	H
Avrupa kızılacağı	32,35	B	22,54	H	24,33	EF	20,47	İ
Akkavak	31,57	C	24,51	E	23,69	G	21,76	I
Aksöğüt	33,69	A*	22,70	H	21,98	I	20,39	İ
LSD $\pm$ 0,31199								

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

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere paralel parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, kontrol örneğinde aksöğüt odununda elde edilirken, en düşük; 432 saat yaşlandırma periyodundaki Avrupa kızılacağı ve aksöğüt örneklerinde bulunmuştur.

Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.67'de verilmiştir.

Çizelge 3.67. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör BC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	54,17	B	15,28	E	7,48	G
190 °C - 1,5 saat	56,03	A*	15,71	D	7,70	G
212 °C - 2 saat	51,18	C	14,07	F	6,32	H
LSD $\pm$ 0,34550						

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

\*\* : B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi

Liflere paralel parlaklık değeri; ısıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek sentetik vernik uygulanmış, 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem görmüş numunelerde, en düşük tik yağı uygulanmış, 212 °C - 2 saat ısıl işleme tabi tutulmuş örneklerde elde edilmiştir.

Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.68'de verilmiştir.

Çizelge 3.68. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör BD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	32,62	A*	23,37	E	23,91	E	22,67	F
190 °C - 1,5 saat	32,48	A*	25,57	B	25,24	C	22,63	F
212 °C - 2 saat	32,53	A*	21,44	G	22,81	F	18,64	H
LSD $\pm$ 0,39694								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere paralel parlaklık değeri  
 \*\*: B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere paralel parlaklık değeri; ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek kontrol örneklerinde, tüm ısıl işlem faktörlerinde görülürken, en düşük; 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında 432 saat olan yaşlandırma periyodunda bulunmuştur.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.69'da verilmiştir.

Çizelge 3.69. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör CD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sentetik vernik	68,99	A*	51,13	B	50,52	C	44,52	D
Su bazlı vernik	15,38	F	13,99	H	16,18	E	14,53	G
Tik yağı	13,25	I	5,25	İ	5,26	İ	4,90	J
LSD $\pm$ 0,08444								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere paralel parlaklık değeri  
 \*\*: C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere paralel parlaklık değeri; vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek sentetik vernik uygulanmış kontrol örneğinde, en düşük; 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş, tik yağı uygulanmış örneklerde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.70'de verilmiştir.

Çizelge 3.70. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC**		Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıt işlemsiz	54,10	C	18,65	G	8,69	O
	190 °C - 1,5 saat	52,72	D	17,50	H	9,95	N
	212 °C - 2 saat	53,70	C	16,07	I	5,36	T
Avrupa kızılacağı	Isıt işlemsiz	54,08	C	13,98	KL	7,40	P
	190 °C - 1,5 saat	58,49	A*	15,31	İ	6,72	RS
	212 °C - 2 saat	47,83	F	14,32	JK	6,18	S
Akkavak	Isıt işlemsiz	55,35	B	14,77	J	7,53	P
	190 °C - 1,5 saat	58,73	A*	14,51	J	7,00	PR
	212 °C - 2 saat	51,54	E	12,36	M	6,65	RS
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	53,14	D	13,73	L	6,30	S
	190 °C - 1,5 saat	54,17	C	15,50	İ	7,13	PR
	212 °C - 2 saat	51,64	E	13,53	L	7,07	PR
LSD $\pm$ 0,62080							

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere paralel parlaklık değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, C: Vernik çeşidi

Liflere paralel parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek sentetik vernik uygulanmış 190 °C - 1,5 saat ısıt işlem görmüş Avrupa kızılacağı ve akkavak odunlarında, en düşük; tik yağı uygulanmış, 212 °C - 2 saat ısıt işleme maruz bırakılan Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.71'de verilmiştir.

Çizelge 3.71. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıt İşlemsiz	33,14	C	24,89	L	24,59	LM	25,95	K
	190 °C - 1,5 saat	32,43	DE	23,26	N	28,76	İ	22,45	OP
	212 °C - 2 saat	32,08	EF	24,14	M	24,48	LM	19,48	U
Avrupa kızılacağı	Isıt İşlemsiz	31,32	GH	22,34	OPR	24,95	L	22,01	PR
	190 °C - 1,5 saat	33,97	B	27,04	J	25,63	K	20,71	T
	212 °C - 2 saat	31,76	FG	18,23	Y	22,42	OP	18,70	VY
Akkavak	Isıt İşlemsiz	33,25	C	24,44	LM	24,11	M	21,73	RS
	190 °C - 1,5 saat	30,87	HI	26,98	J	24,59	LM	24,54	LM
	212 °C - 2 saat	30,59	I	22,09	PR	22,36	OPR	19,02	UV
Aksöğüt	Isıt İşlemsiz	32,76	CD	21,79	PRS	21,99	PR	21,00	T
	190 °C - 1,5 saat	32,64	CDE	24,99	L	21,97	PR	22,81	NO
	212 °C - 2 saat	35,67	A*	21,30	ST	21,98	PR	17,37	Z
LSD $\pm$ 0,42568									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere paralel parlaklık değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere paralel parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - ısıtma işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek kontrol örneğinde 212 °C - 2 saat ısıtma işlem görmüş aksöğütte, en düşük; 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıtma işlem görmüş aksöğüt odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.72’de verilmiştir.

Çizelge 3.72. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (/) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	Sentetik vernik	67,39	C	49,86	H	52,82	H	43,95	K
	Su bazlı vernik	16,25	N	16,37	N	18,17	M	18,83	L
	Tik yağı	14,01	ST	6,05	Z1	6,84	Z	5,10	ZZ3
Avrupa kızılacağı	Sentetik vernik	69,38	B	49,18	I	51,90	F	43,41	K
	Su bazlı vernik	15,25	P	13,73	TU	15,97	NO	13,21	UV
	Tik yağı	12,42	Y	4,70	Z3Z4	5,14	Z2Z3	4,80	Z2Z3Z4
Akkavak	Sentetik vernik	67,67	C	54,99	D	51,40	F	46,77	İ
	Su bazlı vernik	14,53	RS	13,19	UV	14,65	R	13,15	UV
	Tik yağı	12,50	Y	5,34	Z2Z3	5,01	Z2Z3	5,37	Z2
Aksöğüt	Sentetik vernik	71,53	A*	50,49	G	45,96	J	43,96	K
	Su bazlı vernik	15,47	OP	12,67	VY	15,95	NO	12,92	VY
	Tik yağı	14,07	RST	4,92	Z2Z3Z4	4,03	Z5	4,30	Z4Z5
LSD $\pm$ 0,31786									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere paralel parlaklık değeri

\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere paralel parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek sentetik vernik uygulanmış, kontrol örneklerinde, aksöğüt odununda, en düşük; tik yağı uygulanmış, 288 saat yaşlandırma periyoduna tabi tutulmuş aksöğüt odununda bulunmuştur.

Isıtma işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.73’de verilmiştir.

Çizelge 3.73. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	69,82	A*	49,57	F	49,96	EF	47,33	H
	Su bazlı vernik	14,94	KLM	14,01	NO	17,02	İ	15,16	KL
	Tik yağı	13,09	P	6,53	T	4,76	V	5,53	U
190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	69,81	A*	55,53	C	51,21	D	47,57	H
	Su bazlı vernik	15,44	JK	15,76	J	16,93	İ	14,70	LM
	Tik yağı	12,19	R	5,42	U	7,58	S	5,61	U
212 °C 2 saat	Sentetik vernik	67,36	B	48,30	G	50,39	E	38,67	I
	Su bazlı vernik	15,75	J	12,20	R	14,60	M	13,72	O
	Tik yağı	14,48	MN	3,82	Y	3,43	Y	3,54	Y
LSD $\pm$ 0,49708									

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere paralel parlaklık değeri

\*\* : B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere paralel parlaklık değeri; ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek sentetik vernik uygulanmış, kontrol örneğinde, ısıl işlemsiz ve 190 °C – 1,5 saat ısıl işlem görmüş örneklerde, en düşük; tik yağı uygulanmış, 144 saat, 288 saat ve 432 saat yaşlandırma işlemine tabi tutulmuş, 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş örneklerde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.74’de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.12’de gösterilmiştir.

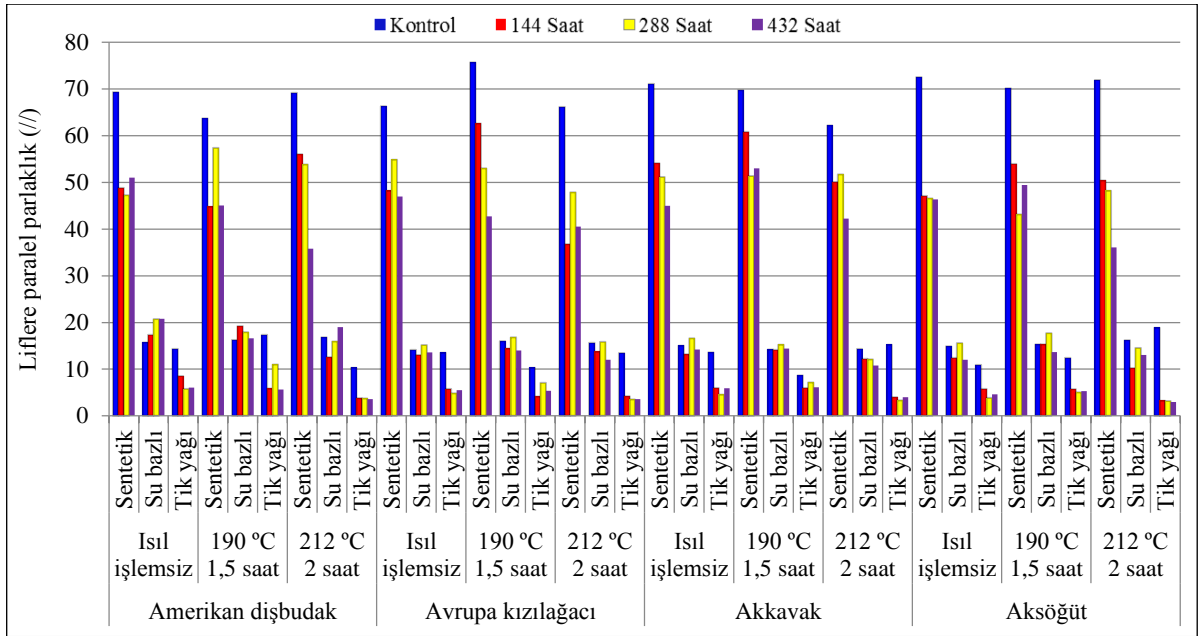
Çizelge 3.74. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dışbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	69,33	E	48,81	RS	47,26	TUV	50,99	MNO
		Su bazlı vernik	15,73	Z9Z10Z11Z12	17,35	Z6Z7Z8	20,71	Z3	20,81	Z3
		Tik yağı	14,36	Z15Z16Z17Z18Z19	8,52	Z28	5,81	Z31Z32Z33	6,05	Z30Z31
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	63,70	G	44,74	Y	57,38	İ	45,05	Y
		Su bazlı vernik	16,24	Z8Z9Z10Z11	19,22	Z4	17,91	Z5Z6	16,64	Z7Z8Z9Z10
		Tik yağı	17,35	Z6Z7Z8	5,82	Z31Z32Z33	10,99	Z26Z27	5,65	Z31Z32Z33Z34
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	69,15	E	56,04	J	53,81	KL	35,81	Z2
		Su bazlı vernik	16,79	Z6Z7Z8Z9	12,55	Z22Z23Z24Z25	15,90	Z9Z10Z11Z12	19,03	Z4
		Tik yağı	10,31	Z27	3,82	Z37Z38Z39	3,72	Z37Z38Z39	3,59	Z38Z39
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	66,32	F	48,21	ST	54,85	K	46,94	UV

Çizelge 3.74. (devam). Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	Su bazlı vernik	14,11	Z15Z16Z17 Z18Z19Z20 Z21	13,02	Z21Z22Z23Z 24Z25	15,19	Z11Z12Z13Z 14Z15Z16	13,60	Z18Z19Z20Z2 1Z22Z23
		Tik yağı	13,52	Z18Z19Z20 Z21Z22Z23	5,78	Z31Z32Z33	4,82	Z32Z33Z34Z 35Z36Z37	5,48	Z31Z32Z33Z3 4
		Sentetik vernik	75,65	A*	62,60	H	52,98	L	42,73	Z
	190 °C 1,5 saat	Su bazlı vernik	15,99	Z9Z10Z11Z 12	14,41	Z14Z15Z16Z 17Z18Z19	16,83	Z6Z7Z8Z9	14,02	Z16Z17Z18Z1 9Z20Z21
		Tik yağı	10,28	Z27	4,12	Z36Z37Z38Z 39	7,09	Z29Z30	5,38	Z31Z32Z33Z3 4
		Sentetik vernik	66,17	F	36,74	Z2	47,86	STU	40,55	Z1
	212 °C 2 saat	Su bazlı vernik	15,65	Z9Z10Z11Z 12Z13	13,75	Z17Z18Z19Z 20Z21	15,88	Z9Z10Z11Z1 2	12,00	Z25Z26
		Tik yağı	13,47	Z18Z19Z20 Z21Z22Z23	4,19	Z35Z36Z37Z 38Z39	3,51	Z38Z39	3,56	Z38Z39
		Sentetik vernik	71,12	CD	54,12	K	51,15	MN	45,01	Y
Akkavak	Isıl işlemsiz	Su bazlı vernik	15,04	Z11Z12Z13 Z14Z15Z16	13,21	Z19Z20Z21Z 22Z23Z24	16,60	Z7Z8Z9Z10	14,24	Z15Z16Z17Z1 8Z19Z20
		Tik yağı	13,59	Z18Z19Z20 Z21Z22Z23	6,00	Z30Z31Z32	4,58	Z34Z35Z36Z 37Z38	5,94	Z31Z32
		Sentetik vernik	69,72	E	60,83	I	51,36	MN	53,02	L
	190 °C 1,5 saat	Su bazlı vernik	14,22	Z15Z16Z17 Z18Z19Z20 Z21	14,13	Z15Z16Z17Z 18Z19Z20Z2 1	15,25	Z11Z12Z13Z 14Z15	14,45	Z14Z15Z16Z1 7Z18
		Tik yağı	8,67	Z28	5,99	Z30Z31Z32	7,17	Z29	6,15	Z29Z30Z31
		Sentetik vernik	62,18	H	50,02	OP	51,70	M	42,27	Z
	212 °C 2 saat	Su bazlı vernik	14,33	Z15Z16Z17 Z18Z19	12,22	Z24Z25	12,10	Z24Z25	10,77	Z27
		Tik yağı	15,25	Z11Z12Z13 Z14Z15	4,03	Z36Z37Z38Z 39	3,29	Z39	4,03	Z36Z37Z38Z3 9
		Sentetik vernik	72,51	B	47,13	TUV	46,56	V	46,37	V
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	Su bazlı vernik	14,89	Z12Z13Z14 Z15Z16Z17	12,44	Z23Z24Z25	15,58	Z10Z11Z12Z 13Z14	11,99	Z25Z26
		Tik yağı	10,89	Z27	5,81	Z31Z32Z33	3,84	Z37Z38Z39	4,65	Z33Z34Z35Z3 6Z37Z38
		Sentetik vernik	70,16	DE	53,95	KL	43,12	Z	49,46	PR
	190 °C 1,5 saat	Su bazlı vernik	15,30	Z11Z12Z13 Z14Z15	15,29	Z11Z12Z13Z 14Z15	17,73	Z6Z7	13,69	Z17Z18Z19Z2 0Z21Z22
		Tik yağı	12,46	Z23Z24Z25	5,74	Z31Z32Z33Z 34	5,05	Z31Z32Z33Z 34Z35Z36	5,28	Z31Z32Z33Z3 4Z35
		Sentetik vernik	71,92	BC	50,40	NOP	48,20	ST	36,04	Z2
	212 °C 2 saat	Su bazlı vernik	16,22	Z8Z9Z10Z1 1	10,27	Z27	14,53	Z13Z14Z15Z 16Z17Z18	13,08	Z20Z21Z22Z2 3Z24Z25
		Tik yağı	18,87	Z4Z5	3,22	Z39	3,21	Z39	2,98	Z39
		LSD ± 1,07211								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere paralel parlaklık değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.12. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere paralel parlaklık (//) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Liflere paralel parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşimde en yüksek sentetik vernik uygulanmış kontrol örneğindeki 190 °C - 1,5 saat ısıl işleme tabi tutulmuş Avrupa kızılağacı odununda görülürken, en düşük değer; tik yağı uygulanmış, 144 saat, 288 saat ve 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş aksöğüt odununda ve yine tik yağı uygulanmış, 288 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş akkavak odununda bulunmuştur.

### 3.2.4.2. Liflere paralel parlaklık (//) İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.63'e göre, liflere paralel parlaklık değeri; ağaç malzeme türü düzeyinde en yüksek Amerikan dişbudak odununda görülürken, bunu azalarak sırası ile akkavak, Avrupa kızılağacı ve aksöğüt odunları takip etmiştir. Diğer ağaç malzeme türlerinin de kendi doğal renk tonlarına paralel sonuçlar verdiği görülmektedir. Amerikan dişbudak odununun liflere paralel parlaklık değerinin yüksek çıkmasının sebebi; parlak görümlü olması, beyaz renk tonuna yakın olması, yaz odunu iştirak oranının diğer deney örneklerine oranla fazla olması, yıllık halkalarının düzgün yapıda olması ve tekstür yapısı gibi etkenler söylenebilir.

[271] ve [272] çalışmalarında, odunun parlaklık değerinin azalmasının sebepleri arasında, hemiselülozların ve ekstraktiflerin oluşumu, ısıl işlem sonucunda bozunuma

uğrayan ürünler veya ısıl işlem sırasında oluşan lignin polimerizasyon reaksiyonlarının gösterilebileceğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 3.63'e göre, liflere paralel parlaklık değeri; ısıl işlem düzeyinde, en yüksek 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem uygulamasında, en düşük 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında elde edilmiştir. Liflere paralel parlaklık değerinin 190 °C - 1,5 saat uygulamasında en yüksek değere ulaştığı, 212 °C - 2 saat uygulamasına gelindiğinde ise bu değerin azaldığı görülmektedir.

[280] çalışmalarında, ısıl işlem uygulamasında sıcaklık derecesinin bazı ağaçların doğal parlaklık değerini olumsuz yönde etkilediğini ve ısıl işlem görmüş ağaç malzemede sıcaklığa bağlı olarak parlaklık değerindeki azalmanın, glukoz, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimler neticesinde meydana geldiğini bildirmişlerdir. Yüksek sıcaklıklarda ligninin metoksi içeriğinin azaldığı ve yoğunlaşmamış ünitelerden bazılarının difenilmetan tipi ünitelere dönüştüğü bildirilmiştir. Difenilmetan tipi yoğunlaşmanın 120 - 220 °C aralığında tipik bir reaksiyon olduğu, renk, reaktiflik ve çözünme gibi lignin özellikleri üzerine önemli bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. Isıl işlem süresince ligninin bozunmaya aynı zamanda kondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına uğradığı belirtilmiştir. Isıl işlem sürecinde oluşan bu durumların ağaç malzemenin parlaklık değerinde olumsuz bir etkiye neden olduğu ifade edilmiştir [16].

Çizelge 3.63'e göre, liflere paralel parlaklık değeri; vernik çeşidi düzeyinde en yüksek sentetik vernikte görülmüştür. Bu durumun, sentetik verniğin yüzeyde parlak bir katman oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. En düşük değer ise tik yağı uygulamasında elde edilmiştir. Odun yüzeyinin tik yağını absorbe edip katman bırakmayarak mat bir yüzey oluşturmasından kaynaklanmış olabileceği söylenebilir.

[113] çalışmasında, ilk yaşlanma periyodunda katman parlaklığında önemli oranda azalma görüldüğünü, yaşlanmanın ileri aşamalarında kaybedilen parlaklık değerinin yarısına kadar bir artış gözlemlendiğini bildirmiştir. Bu durum, su bazlı verniklerde kürlenmenin tamamlanmasına kadar geçen sürede (tam sertleşmeye) yaşlandırma işlemi etkisiyle parlaklıkta bir miktar azalmanın olabileceği, tam kuru katman oluşumundan sonra ise parlaklıkta artış olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Çizelge 3.63'e göre, liflere paralel parlaklık değeri; yaşlandırma periyodu düzeyinde en yüksek yaşlandırılmamış kontrol örneklerinde görülürken, bunu sırası ile azalarak 288

saat, 144 saat ve 432 saatlik yaşlandırma periyotları takip etmiştir. Burada dikkat çeken en büyük unsurun, yaşlandırılmamış deney örneklerinin diğer yaşlandırma periyotlarındaki deney örneklerine oranla çok daha yüksek parlaklık değerine sahip olmasıdır.

[181] çalışmasında, 144 ve 432 saatlik periyotlarda UV-A lambası yaşlandırması ile termoplastik yapıdaki su bazlı tek bileşenli vernik katmanlarında sıcaklık artışına bağlı olarak yüzey geriliminin artışı ve çapraz bağlarda kopmalar olduğu, bunun da parlaklık değerlerinde azalmaya sebep olduğu belirtilmiştir. Parlaklık, yaşlandırmada uygulanan sıcaklık ve sürenin bir fonksiyonu olarak gösterilirken, uzun süreli korumalarda vernik karakteristiklerinin uygulanan sıcaklık ve süreden daha önemli olduğu ifade edilmiştir [156]. Yapay ve doğal yaşlandırma sürecinin parlaklık azaltıcı etkisi olduğu farklı çalışmalarda bildirilmiştir [113], [302], [308], [311], [312].

Çizelge 3.74'e göre, liflere paralel parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - ısıtma işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşime (ABCD) bakıldığında, en yüksek sentetik vernik uygulanmış, yaşlandırılmamış, 190 °C'de - 1,5 saat ısıtma işlem görmüş Avrupa kızılğacı odununda bulunmuştur. Bu durumun, Avrupa kızılğacı odununun henüz yaşlandırma işlemine tabi tutulmamış doğal halde olmasından, diğer odun türlerine göre daha gözeneksiz bir tekstür yapısına sahip olmasından, sentetik verniğin iyi bir yüzey kapatıcı özelliğe ve parlak katman yapma özelliğine sahip olmasından kaynaklanmış olabileceği söylenebilir. En düşük değer ise; tik yağı uygulanmış, 144 saat, 288 saat ve 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıtma işlem görmüş aksöğüt odununda ve yine tik yağı uygulanmış, 288 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıtma işlem görmüş akkavak odununda elde edilmiştir. Bu durum, katman yapma özelliği olmayan tik yağının uygulanmış olmasından, yüksek ısıtma uygulaması ve yaşlandırma periyoduna tabi tutulmuş olmasından kaynaklanmış olabileceği söylenebilir.

#### *3.2.4.3. Liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) ile ilgili Bulgular*

Farklı vernik çeşidinin uygulandığı ısıtma işlem görmüş deney örneklerinin yaşlandırmaya tabi tutulması sonucu, liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinde görülen değişim incelenerek farklılıklar tespit edilmiş, elde edilen ortalama parlaklık değerleri Çizelge 3.75'de verilmiştir.

Çizelge 3.75. Liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol**	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Amerikan dışbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	50,76	33,68	34,95	39,71
			S	3,36	2,45	1,75	1,86
			X min	47,90	30,00	33,60	37,00
			X max	56,80	36,70	39,30	42,40
		Su bazlı	$\bar{x}$	12,92	12,54	13,38	13,44
			S	0,60	0,55	0,35	0,30
			X min	11,90	12,00	12,80	13,00
			X max	13,60	13,90	13,90	13,90
		Tik yağı	$\bar{x}$	10,69	6,80	4,25	4,54
			S	1,17	0,40	0,19	0,17
			X min	9,30	6,10	4,10	4,40
			X max	12,70	7,50	4,60	4,80
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	52,17	37,84	36,40	36,04
			S	1,40	1,32	2,31	2,15
			X min	50,40	35,40	33,30	32,60
			X max	55,40	39,30	39,10	38,70
		Su bazlı	$\bar{x}$	12,67	13,78	12,98	11,26
			S	0,43	0,31	0,67	0,52
			X min	11,90	13,20	12,30	10,60
			X max	13,20	14,40	14,30	12,10
		Tik yağı	$\bar{x}$	13,14	5,50	8,66	5,03
			S	0,83	0,41	0,33	0,32
			X min	11,70	4,80	8,20	4,50
			X max	14,10	6,10	9,00	5,50
	212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	62,31	38,35	39,68	20,53
			S	1,64	1,87	2,71	0,50
			X min	58,20	35,40	35,20	19,80
			X max	64,10	41,50	42,90	21,40
		Su bazlı	$\bar{x}$	14,50	9,54	12,05	12,31
			S	0,80	0,21	0,77	0,69
			X min	13,15	9,10	10,70	11,20
			X max	15,60	9,80	12,90	13,00
		Tik yağı	$\bar{x}$	7,70	3,92	3,30	3,32
			S	0,70	0,21	0,22	0,33
			X min	6,40	3,50	3,10	3,00
			X max	8,50	4,10	3,60	3,90
Avrupa Kızılağacı	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	50,64	36,01	40,30	30,11
			S	1,56	1,81	1,83	1,12
			X min	47,50	32,40	37,40	28,50
			X max	53,20	38,80	43,70	31,90
		Su bazlı	$\bar{x}$	13,11	11,32	12,11	11,82
			S	0,31	0,39	0,59	0,32
			X min	12,70	10,80	11,00	11,50
			X max	13,60	11,90	12,90	12,40
		Tik yağı	$\bar{x}$	11,39	5,43	4,43	5,21
			S	1,05	0,27	0,25	0,13
			X min	10,10	5,00	4,10	5,10
			X max	12,90	5,80	4,80	5,50
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	63,46	51,94	35,55	29,67
			S	2,49	1,20	1,39	1,50
			X min	59,20	50,00	33,80	26,50
			X max	66,30	53,00	37,90	31,80
		Su bazlı	$\bar{x}$	12,76	11,45	12,87	10,54

Çizelge 3.75. (devam). Liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu					
				Kontrol**	144 Saat	288 Saat	432 Saat		
Avrupa Kızılağacı	190 °C 1,5 saat	Su bazlı	$S$	0,40	0,26	0,54	0,26		
			$X_{min}$	12,20	11,00	12,10	10,10		
			$X_{max}$	13,30	11,80	13,80	11,00		
		Tik yağı	$\bar{x}$	8,30	3,33	5,65	4,82		
			$S$	0,63	0,26	0,21	0,10		
			$X_{min}$	7,30	3,00	5,30	4,60		
	212 °C 2 saat	Sentetik	$X_{max}$	9,30	3,60	5,90	4,90		
			$\bar{x}$	48,00	21,39	31,36	24,33		
			$S$	1,80	0,68	1,06	1,29		
		Su bazlı	$X_{min}$	45,40	20,60	29,50	22,60		
			$X_{max}$	51,90	22,60	32,80	26,10		
			$\bar{x}$	13,98	10,73	13,15	10,63		
		Tik yağı	$S$	0,61	0,51	0,39	0,28		
			$X_{min}$	13,20	10,00	12,60	10,20		
			$X_{max}$	14,90	11,70	13,90	11,00		
		Akkavak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	10,50	3,85	3,35	3,89
					$S$	0,50	0,11	0,22	0,13
					$X_{min}$	9,50	3,70	2,80	3,70
Su bazlı	$X_{max}$			11,00	4,00	3,60	4,00		
	$\bar{x}$			57,71	35,71	35,99	33,40		
	$S$			3,81	1,59	2,03	1,98		
Tik yağı	$X_{min}$	52,50		32,80	34,20	30,10			
	$X_{max}$	63,70		38,30	40,50	35,90			
	$\bar{x}$	12,41		10,54	15,23	10,76			
190 °C 1,5 saat	Su bazlı	$S$		0,78	0,68	0,80	0,28		
		$X_{min}$		10,80	9,80	14,10	10,30		
		$X_{max}$		13,60	11,80	16,70	11,20		
	Tik yağı	$\bar{x}$		9,50	5,59	3,91	5,10		
		$S$		1,08	0,37	0,17	0,17		
		$X_{min}$		8,20	5,00	3,70	4,90		
212 °C 2 saat	Sentetik	$X_{max}$		10,90	6,00	4,20	5,30		
		$\bar{x}$		52,61	41,33	38,05	38,19		
		$S$		5,13	1,67	2,07	1,03		
	Su bazlı	$X_{min}$	45,40	38,80	34,60	36,80			
		$X_{max}$	60,00	43,40	40,70	39,90			
		$\bar{x}$	11,67	11,85	11,59	11,43			
	Tik yağı	$S$	0,65	0,30	0,23	0,45			
		$X_{min}$	11,00	11,40	11,20	10,60			
		$X_{max}$	13,10	12,30	12,00	11,90			
	212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	6,93	5,24	6,88	5,79		
			$S$	1,08	0,32	0,61	0,20		
			$X_{min}$	5,00	4,80	6,20	5,50		
Su bazlı		$X_{max}$	8,10	5,80	7,90	6,10			
		$\bar{x}$	41,45	29,47	35,47	22,64			
		$S$	3,03	0,86	1,67	1,18			
Tik yağı	$X_{min}$	37,00	28,40	32,60	20,50				
	$X_{max}$	46,80	31,10	37,70	24,60				
	$\bar{x}$	11,77	10,58	9,46	9,03				
212 °C 2 saat	Su bazlı	$S$	0,73	0,44	0,36	0,15			
		$X_{min}$	10,60	10,00	8,90	8,80			
		$X_{max}$	12,90	11,30	9,90	9,30			
212 °C 2 saat	Tik yağı	$\bar{x}$	12,03	4,28	3,20	4,35			
		$S$	1,01	0,59	0,05	0,21			

Çizelge 3.75. (devam). Liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) ölçümlerine ait ortalama değerler.

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol**	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Akkavak	212 °C 2 saat	Tik yağı	$X_{min}$	10,60	3,50	3,10	4,00
			$X_{max}$	13,70	5,10	3,30	4,60
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{x}$	50,25	36,86	30,63	31,79
			$S$	3,22	2,20	2,97	1,47
			$X_{min}$	45,80	33,40	25,80	29,30
			$X_{max}$	54,70	39,90	34,20	34,30
		Su bazlı	$\bar{x}$	11,49	9,63	11,48	8,48
			$S$	0,42	0,33	0,24	0,27
			$X_{min}$	10,70	9,30	11,10	8,10
			$X_{max}$	12,10	10,30	11,90	8,90
		Tik yağı	$\bar{x}$	9,59	4,87	3,83	4,03
			$S$	0,28	0,48	0,36	0,23
			$X_{min}$	8,90	4,20	3,30	3,80
			$X_{max}$	9,90	5,60	4,30	4,40
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{x}$	49,99	32,34	27,30	28,23
			$S$	1,44	1,38	2,46	1,41
			$X_{min}$	47,40	30,00	24,10	26,20
			$X_{max}$	52,40	34,10	30,90	30,40
		Su bazlı	$\bar{x}$	12,58	12,44	12,81	11,32
			$S$	0,39	0,32	0,82	0,29
			$X_{min}$	12,00	11,90	11,40	10,90
			$X_{max}$	13,20	13,00	14,50	11,70
		Tik yağı	$\bar{x}$	10,15	5,36	4,54	4,96
			$S$	0,86	0,43	0,26	0,24
			$X_{min}$	9,00	4,90	4,20	4,60
			$X_{max}$	11,20	6,20	4,90	5,30
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{x}$	63,73	31,00	25,29	20,38	
		$S$	1,43	1,18	1,27	0,67	
		$X_{min}$	62,10	28,20	22,50	19,60	
		$X_{max}$	67,40	32,20	26,50	21,80	
	Su bazlı	$\bar{x}$	11,57	8,50	11,94	10,94	
		$S$	0,33	0,27	0,81	0,35	
		$X_{min}$	11,20	8,00	10,40	10,40	
		$X_{max}$	12,20	8,90	12,80	11,40	
	Tik yağı	$\bar{x}$	13,05	3,37	3,07	2,69	
		$S$	0,34	0,17	0,16	0,13	
		$X_{min}$	12,40	3,10	2,90	2,50	
		$X_{max}$	13,60	3,60	3,40	2,90	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama,  $S$ : Standart sapma,  $X_{min}$ : En küçük değer,  $X_{max}$ : En büyük değer

Liflere dik parlaklık değerleri, ağaç malzeme türü, ısıl işlem uygulaması, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.76'da verilmiştir.

Çizelge 3.76. Liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç türü (A)	3	901,534	300,511	196,331	0,000*
Isıl işlem (B)	2	1840,348	920,174	601,170	0,000*
Vernik çeşidi (C)	2	283146,400	141573,200	92492,975	0,000*
Yaşlandırma periyodu (D)	3	23285,741	7761,914	5071,034	0,000*
Etkileşim (AB)	6	774,303	129,051	84,312	0,000*
Etkileşim (AC)	6	582,603	97,101	63,438	0,000*
Etkileşim (AD)	9	715,175	79,464	51,916	0,000*
Etkileşim (BC)	4	1461,966	365,492	238,784	0,000*
Etkileşim (BD)	6	1379,429	229,905	150,202	0,000*
Etkileşim (CD)	6	19918,188	3319,698	2168,834	0,000*
Etkileşim (ABC)	12	2914,046	242,837	158,651	0,000*
Etkileşim (ABD)	18	1735,680	96,427	62,998	0,000*
Etkileşim (ACD)	18	1009,248	56,069	36,631	0,000*
Etkileşim (BCD)	12	1924,699	160,392	104,787	0,000*
Etkileşim (ABCD)	36	4742,407	131,734	86,065	0,000*
Error	1296	1983,706	1,531		
Total	1439	348315,474			

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

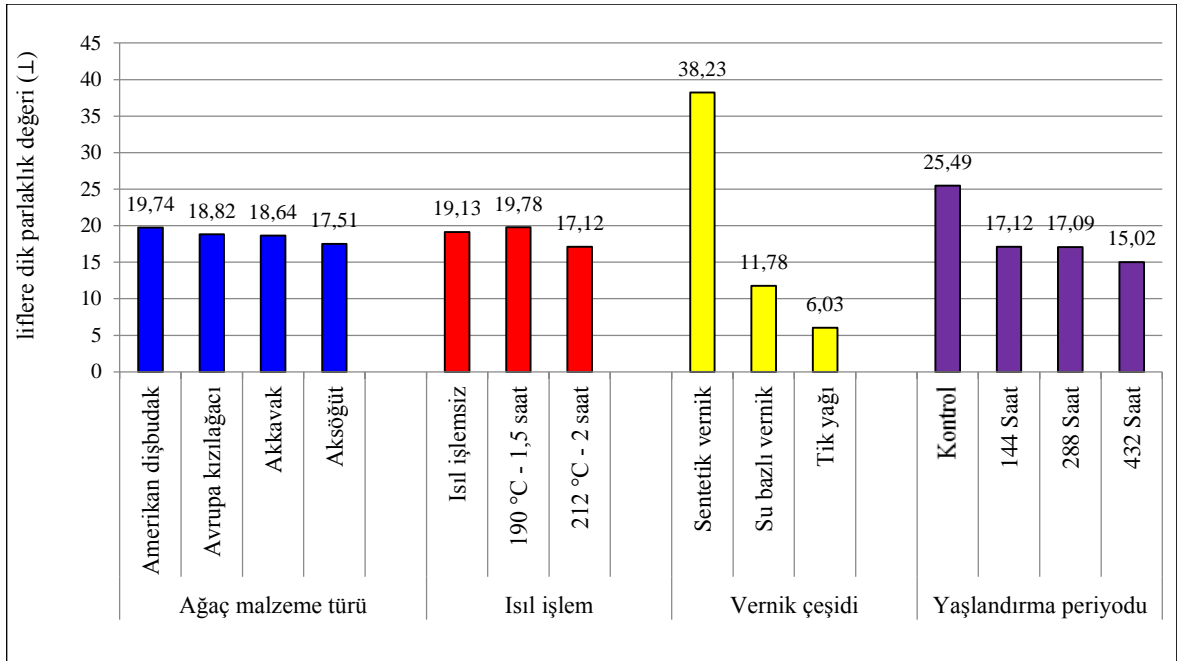
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç malzeme türü, ısıl işlem uygulaması, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ( $\alpha=0,05$ ).

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.77'de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik ise Şekil 3.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.77. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	19,74	A*	LSD $\pm$ 0,43902
	Avrupa kızılağacı	18,82	B	
	Akkavak	18,64	B	
	Aksöğüt	17,51	C	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	19,13	B	LSD $\pm$ 0,11642
	190 °C - 1,5 saat	19,78	A*	
	212 °C - 2 saat	17,12	C	
Vernik çeşidi	Sentetik vernik	38,23	A*	LSD $\pm$ 1,79115
	Su bazlı vernik	11,78	B	
	Tik yağı	6,03	C	
Yaşlandırma periyodu	Kontrol	25,49	A*	LSD $\pm$ 1,13394
	144 Saat	17,12	B	
	288 Saat	17,09	B	
	432 Saat	15,02	C	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere dik parlaklık değeri



Şekil 3.13. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Liflere dik parlaklık değeri; ağaç malzeme düzeyinde, en yüksek Amerikan dişbudak odununda, en düşük aksöğüt odununda elde edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek liflere dik parlaklık değeri 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem uygulamasında, en düşük 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında görülmüştür. Vernik çeşidi düzeyinde; en yüksek liflere dik parlaklık değeri sentetik vernik uygulamasında, en düşük tik yağı uygulamasında tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodu düzeyinde; en yüksek liflere dik parlaklık değeri kontrol örneklerinde, en düşük ise 432 saatlik yaşlandırma periyodunda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.78'de verilmiştir.

Çizelge 3.78. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör AB**	Isıl işlemsiz		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	19,80	D	20,46	B	18,96	F
Avrupa kızılğacı	19,32	E	20,86	A*	16,26	I
Akkavak	19,65	D	20,13	C	16,14	I
Aksöğüt	17,74	G	17,67	G	17,13	H
LSD $\pm$ 0,32654						

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere dik parlaklık değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem

Liflere dik parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşiminde, en yüksek 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem uygulanmış Avrupa kızılağacı, en düşük; 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulanmış Avrupa kızılağacı ve akkavak örneklerinde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.79'da verilmiştir.

Çizelge 3.79. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait liflere dik parlaklık (⊥) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör AC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	40,20	A*	12,61	D	6,40	G
Avrupa kızılağacı	38,56	B	12,04	E	5,85	H
Akkavak	38,50	B	11,36	F	6,07	H
Aksöğüt	35,65	C	11,10	F	5,79	H
LSD $\pm$ 0,24570						

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

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi

Liflere dik parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek sentetik vernik uygulanmış Amerikan dişbudakta, en düşük; tik yağı uygulanmış Avrupa kızılağacı, akkavak ve aksöğüt odun örneklerinde tespit edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.82'de verilmiştir.

Çizelge 3.80. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık (⊥) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör AD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Amerikan dişbudak	26,32	A*	17,99	E	18,41	D	16,24	G
Avrupa kızılağacı	25,79	B	17,27	F	17,64	E	14,56	I
Akkavak	24,01	C	17,18	F	17,75	E	15,63	H
Aksöğüt	25,82	B	16,04	G	14,54	I	13,65	İ
LSD $\pm$ 0,23218								

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

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere dik parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek kontrol örneğinde, Amerikan dişbudak odununda, en düşük; 432 saat yaşlandırma periyodundaki aksöğüt örneklerinde tespit edilmiştir. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.81'de verilmiştir.

Çizelge 3.81. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör BC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Isıl işlemsiz	39,28	B	11,92	D	6,20	G
190 °C - 1,5 saat	40,69	A*	12,13	D	6,52	F
212 °C - 2 saat	34,71	C	11,29	E	5,37	H
LSD $\pm$ 0,80092						

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere dik parlaklık değeri  
 \*\*: B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi

Liflere dik parlaklık değeri; ısıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış, 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem görmüş örneklerde, en düşük; tik yağı uygulanmış 212 °C - 2 saat ısıl işleme tabi tutulmuş örneklerde elde edilmiştir.

Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan ikili etkileşime ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.82’de verilmiştir.

Çizelge 3.82. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör BD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Isıl işlemsiz	25,04	C	17,42	F	17,54	EF	16,53	G
190 °C - 1,5 saat	25,54	B	19,37	D	17,77	E	16,44	G
212 °C - 2 saat	25,88	A*	14,58	I	15,94	H	12,09	İ
LSD $\pm$ 0,58174								

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere dik parlaklık değeri  
 \*\*: B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere dik parlaklık değeri; ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek kontrol örneğinde, 212 °C - 2 saat ısıl işlemde, en düşük; 432 saat yaşlandırma periyodundaki, 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş örneklerde elde edilmiştir.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.83’de verilmiştir.

Çizelge 3.83. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık (L) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör CD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Sentetik vernik	53,59	A*	35,49	B	34,25	C	29,59	D
Su bazlı vernik	12,62	E	11,078	F	12,42	E	11,00	F
Tik yağı	10,25	G	4,80	H	4,59	H	4,48	H
LSD $\pm$ 0,84000								

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere dik parlaklık değeri  
 \*\*: C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere dik parlaklık değeri; vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış kontrol örneğinde, en düşük; tik yağı uygulanmış, 144 saat, 288 saat ve 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş örneklerde elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem faktörü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.84'de verilmiştir.

Çizelge 3.84. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait liflere dik parlaklık (L) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABC**		Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	39,77	DE	13,07	J	6,57	P
	190 °C - 1,5 saat	40,61	C	12,67	JK	8,08	O
	212 °C - 2 saat	40,22	CD	12,10	KLM	4,56	U
Avrupa kızılğacı	Isıl işlemsiz	39,27	E	12,09	KLM	6,62	P
	190 °C - 1,5 saat	45,16	A*	11,91	LM	5,53	ST
	212 °C - 2 saat	31,27	I	12,12	KLM	5,40	T
Akkavak	Isıl işlemsiz	40,70	C	12,24	KLM	6,03	PRS
	190 °C - 1,5 saat	42,55	B	11,64	M	6,21	PR
	212 °C - 2 saat	32,26	I	10,21	N	5,97	RST
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	37,38	F	10,27	N	5,58	ST
	190 °C - 1,5 saat	34,47	H	12,29	KL	6,25	PR
	212 °C - 2 saat	35,10	G	10,74	N	5,55	ST
LSD $\pm$ 1,06428							

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere dik parlaklık değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıtma işlem, C: Vernik çeşidi

Liflere dik parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış, 190 °C -1,5 saat ısıtma işlem görmüş Avrupa kızılğacında, en düşük; tik yağı uygulanmış, 212 °C - 2 saat ısıtma işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur. Ağaç malzeme türü - ısıtma işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.85'de verilmiştir.

Çizelge 3.85. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıt işlemsiz	24,79	ABCDEF	17,67	CDEFGHIJ	17,53	CDEFGHIJ	19,23	BCDEFGHIJ
	190 °C - 1,5 saat	25,99	ABCD	19,04	BCDEFGHIJ	19,35	BCDEFGHIJ	17,44	CDEFGHIJ
	212 °C - 2 saat	28,17	AB	17,27	CDEFGHIJ	18,34	CDEFGHIJ	12,05	IJ
Avrupa kızılğacı	Isıt işlemsiz	25,05	ABCDE	17,59	CDEFGHIJ	18,95	BCDEFGHIJ	15,71	EFGHIJ
	190 °C - 1,5 saat	28,17	AB	22,24	ABCDEF	18,02	CDEFGHIJ	15,01	FHIJ
	212 °C - 2 saat	24,16	ABCDEF	11,99	IJ	15,95	EFGHIJ	12,95	IJ
Akkavak	Isıt işlemsiz	26,54	ABC	17,28	CDEFGHIJ	18,38	CDEFGHIJ	16,42	DEFGHIJ
	190 °C - 1,5 saat	23,74	ABCDEF	19,47	BCDEFGHIJ	18,84	BCDEFGHIJ	18,47	CDEFGHIJ
	212 °C - 2 saat	21,75	ABCDEF	14,78	GHIJ	16,04	EFGHIJ	12,01	IJ
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	23,78	ABCDEF	17,12	CDEFGHIJ	15,31	EFGHIJ	14,77	GHIJ
	190 °C - 1,5 saat	24,24	ABCDEF	16,71	DEFGHIJ	14,88	GHIJ	14,84	GHIJ
	212 °C - 2 saat	29,45	A*	14,29	HIJ	13,43	IJ	11,34	J
LSD $\pm$ 0,48800									

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere dik parlaklık değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere dik parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, kontrol örneğinde, 212 °C - 2 saat ısıt işlem görmüş aksöğüt odununda görülürken, en düşük; 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıt işlem görmüş aksöğüt odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.86'da verilmiştir.

Çizelge 3.86. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ACD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	Sentetik vernik	55,08	A*	36,62	D	37,01	D	32,09	G
	Su bazlı vernik	13,36	J	11,95	M	12,80	JK	12,34	KLM
	Tik yağı	10,51	NOP	5,41	S	5,40	S	4,30	UVY
Avrupa kızılğacı	Sentetik vernik	54,03	B	36,45	D	35,74	E	28,04	I
	Su bazlı vernik	13,28	J	11,17	N	12,71	JKL	11,00	NO
	Tik yağı	10,06	PR	4,20	UVY	4,48	TUVY	4,64	TU
Akkavak	Sentetik vernik	50,59	C	35,50	E	36,50	D	31,41	H
	Su Bazlı vernik	11,95	M	10,99	NO	12,09	LM	10,41	OP
	Tik yağı	9,49	R	5,04	ST	4,66	TU	5,08	ST
Aksöğüt	Sentetik vernik	54,66	AB	33,40	F	27,74	I	26,80	İ
	Su bazlı vernik	11,88	M	10,19	P	12,08	LM	10,25	P
	Tik yağı	10,93	NO	4,53	TUV	3,81	Y	3,89	VY
LSD $\pm$ 0,28375									

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere dik parlaklık değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere dik parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış, kontrol örneğinde, Amerikan dışbudakta, en düşük; tik yağı uygulanmış, 288 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş aksöğüt odununda tespit edilmiştir. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.87’de verilmiştir.

Çizelge 3.87. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör BCD**		Yaşlandırma Periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	52,34	C	35,57	E	35,47	E	33,75	G
	Su Bazlı vernik	12,48	JK	11,01	M	13,05	J	11,13	LM
	Tik yağı	10,29	NO	5,67	S	4,11	U	4,72	T
190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	54,56	A*	40,86	D	34,33	F	33,03	H
	Su Bazlı vernik	12,42	K	12,38	K	12,56	JK	11,14	LM
	Tik yağı	9,63	P	4,86	T	6,43	R	5,15	ST
212 °C 2 saat	Sentetik vernik	53,87	B	30,05	I	32,95	H	21,97	İ
	Su Bazlı vernik	12,96	JK	9,84	OP	11,65	L	10,73	MN
	Tik yağı	10,82	MN	3,86	U	3,23	V	3,56	UV
LSD $\pm$ 0,07029									

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere dik parlaklık değeri  
 \*\*: B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Liflere dik parlaklık değeri; ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, sentetik vernik uygulanmış, kontrol örneğinde, 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem görmüş örneklerde, en düşük; tik yağı uygulanmış, 288 saat yaşlandırma işlemine tabi tutulmuş, 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş örneklerde elde edilmiştir. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.88’de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.14’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.88. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dışbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	50,76	E	33,68	N	34,95	M	39,71	I
		Su bazlı vernik	12,92	Z3Z4Z5Z6 Z7Z8Z9Z10	12,54	Z4Z5Z6Z7Z 8Z9Z10Z11 Z12Z13Z14	13,38	Z2Z3Z4Z 5Z6	13,44	Z2Z3Z4Z5
		Tik yağı	10,69	Z16Z17Z1 8Z19Z20	6,80	Z25Z26	4,25	Z29Z30Z 31Z32Z33 Z34	4,54	Z27Z28Z29Z 30Z31Z32Z3 3

Çizelge 3.88. (devam). Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık (L) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

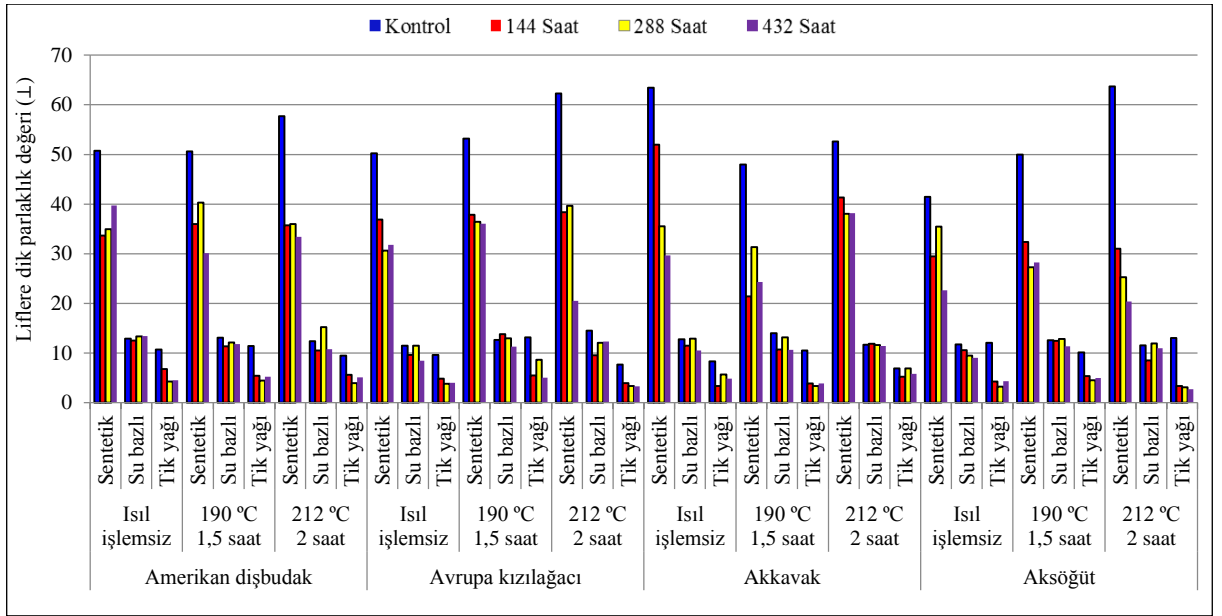
Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu								
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat		
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	
Amerikan dışbudak	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	50,64	E	36,01	KLM	40,30	HI	30,11	ST	
		Su bazlı vernik	13,11	Z3Z4Z5Z6 Z7Z8	11,32	Z13Z14Z15 Z16Z17Z18 Z19	12,11	Z5Z6Z7Z 8Z9Z10Z 11Z12Z13 Z14Z15	11,82	Z7Z8Z9Z10Z 11Z12Z13Z1 4Z15Z16Z17 Z18	
		Tik yağı	11,39	Z13Z14Z1 5Z16Z17Z 18Z19	5,43	Z27Z28Z29	4,43	Z28Z29Z 30Z31Z32 Z33	5,21	Z27Z28Z29Z 30Z31	
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	57,71	C	35,71	KLM	35,99	KLM	33,40	NO	
		Su bazlı vernik	12,41	Z5Z6Z7Z8 Z9Z10Z11 Z12Z13Z1 4	10,54	Z18Z19Z20	15,23	Z1	10,76	Z15Z16Z17Z 18Z19Z20	
		Tik yağı	9,50	Z20Z21Z2 2Z23	5,59	Z27Z28Z29	3,91	Z30Z31Z 32Z33Z34 Z35	5,10	Z27Z28Z29Z 30Z31Z32	
Avrupa kızılacağı	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	50,25	E	36,86	JK	30,63	RST	31,79	PR	
		Su bazlı vernik	11,49	Z11Z12Z1 3Z14Z15Z 16Z17Z18 Z19	9,63	Z20Z21Z22	11,48	Z11Z12Z 13Z14Z15 Z16Z17Z 18Z19	8,48	Z22Z23Z24	
		Tik yağı	9,59	Z20Z21Z2 2	4,87	Z27Z28Z29 Z30Z31Z32	3,83	Z32Z33Z 34Z35	4,03	Z30Z31Z32Z 33Z34	
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	53,17	D	37,84	İJ	36,40	KL	36,04	KLM	
		Su bazlı vernik	12,67	Z3Z4Z5Z6 Z7Z8Z9Z1 0Z11Z12Z 13	13,78	Z2Z3Z4	12,98	Z3Z4Z5Z 6Z7Z8Z9	11,26	Z14Z15Z16Z 17Z18Z19	
		Tik yağı	13,14	Z3Z4Z5Z6 Z7	5,50	Z27Z28Z29	8,66	Z22Z23Z 24	5,03	Z27Z28Z29Z 30Z31Z32	
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	62,31	B	38,35	İ	39,68	I	20,53	Z	
		Su bazlı vernik	14,50	Z1Z2	9,54	Z20Z21Z22 Z23	12,05	Z6Z7Z8Z 9Z10Z11 Z12Z13Z 14Z15Z16	12,31	Z5Z6Z7Z8Z9 Z10Z11Z12Z 13Z14	
		Tik yağı	7,70	Z24Z25	3,92	Z30Z31Z32 Z33Z34Z35	3,33	Z33Z34Z 35	3,32	Z33Z34Z35	
	Akkavak	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	63,46	A*	51,94	D	35,55	LM	29,67	T
			Su bazlı vernik	12,76	Z3Z4Z5Z6 Z7Z8Z9Z1 0Z11Z12	11,45	Z11Z12Z13 Z14Z15Z16 Z17Z18Z19	12,87	Z3Z4Z5Z 6Z7Z8Z9 Z10	10,54	Z18Z19Z20
			Tik yağı	8,30	Z23Z24	3,33	Z33Z34Z35	5,65	Z27Z28	4,82	Z27Z28Z29Z 30Z31Z32
190 °C 1,5 saat		Sentetik vernik	48,00	F	21,39	Z	31,36	PR	24,33	V	
		Su bazlı vernik	13,98	Z2Z3	10,73	Z16Z17Z18 Z19Z20	13,15	Z3Z4Z5Z 6Z7	10,63	Z17Z18Z19Z 20	
		Tik yağı	10,50	Z18Z19Z2 0	3,85	Z32Z33Z34 Z35	3,35	Z33Z34Z 35	3,89	Z31Z32Z33Z 34Z35	

Çizelge 3.88. (devam). Ağaç malzeme türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık (L) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Akkavak	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	52,61	D	41,33	GH	38,05	İ	38,19	İ
		Su bazlı vernik	11,67	Z9Z10Z11 Z12Z13Z14 Z15Z16Z17 Z18	11,85	Z7Z8Z9Z10 Z11Z12Z13 Z14Z15Z16 Z17Z18	11,59	Z10Z11Z12 Z13Z14 Z15Z16Z17 Z18	11,43	Z12Z13Z14Z15 Z16Z17Z18Z19
		Tik yağı	6,93	Z25Z26	5,24	Z27Z28Z29 Z30	6,88	Z25Z26	5,79	Z26Z27
Aksöğüt	Isıtma işlemi ısız	Sentetik vernik	41,45	G	29,47	T	35,47	LM	22,64	Y
		Su bazlı vernik	11,77	Z8Z9Z10Z11 Z12Z13 Z14Z15Z16 Z17Z18	10,58	Z17Z18Z19 Z20	9,46	Z20Z21Z22 Z23	9,03	Z21Z22Z23
		Tik yağı	12,03	Z6Z7Z8Z9Z10 Z11Z12Z13 Z14Z15Z16	4,28	Z29Z30Z31 Z32Z33Z34	3,20	Z33Z34Z35	4,35	Z28Z29Z30Z31 Z32Z33Z34Z35
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	49,99	E	32,34	OP	27,30	U	28,23	U
		Su bazlı vernik	12,58	Z4Z5Z6Z7Z8 Z9Z10Z11Z12 Z13Z14Z15 Z16	12,44	Z5Z6Z7Z8Z9 Z10Z11Z12 Z13Z14	12,81	Z3Z4Z5Z6 Z7Z8Z9 Z10Z11	11,32	Z13Z14Z15Z16 Z17Z18Z19Z20
		Tik yağı	10,15	Z19Z20Z21 Z22	5,36	Z27Z28Z29	4,54	Z27Z28Z29 Z30Z31 Z32Z33	4,96	Z27Z28Z29Z30 Z31Z32
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	63,73	A*	31,00	RS	25,29	V	20,38	Z
		Su bazlı vernik	11,57	Z10Z11Z12 Z13Z14Z15 Z16Z17Z18	8,50	Z22Z23Z24	11,94	Z7Z8Z9Z10 Z11Z12 Z13Z14 Z15Z16Z17	10,94	Z15Z16Z17Z18 Z19
		Tik yağı	13,05	Z3Z4Z5Z6 Z7Z8	3,37	Z33Z34Z35	3,07	Z34Z35	2,69	Z35

LSD ± 0, 21229

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere dik parlaklık değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıtma işlemi, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.14. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Liflere dik parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşimde en yüksek; sentetik vernik uygulanmış, kontrol örneğinde, ısıl işlemsiz akkavak odununda ve sentetik vernik uygulanmış, kontrol örneğinde, 212 °C - 2 saat ısıl işleme tabi tutulmuş aksögüt odununda, en düşük değer ise; tik yağı uygulanmış, 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş aksögüt odununda elde edilmiştir.

#### 3.2.4.4. Liflere dik parlaklık ( $\perp$ ) İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.77'ye göre, liflere dik parlaklık değeri; ağaç malzeme türü düzeyinde en yüksek Amerikan dişbudak odununda, en düşük aksögüt odununda elde edilmiştir. Avrupa kızılğacı ile akkavak odunları ise benzer özellik göstermişlerdir. Amerikan dişbudak odunu, parlak ve beyaz renk tonunda olması, yaz odunu iştirak oranının diğer deney örneklerine kıyasla fazla olması, yıllık halkalarının düzgün yapıda olması, tekstür yapısı gibi etkenlerden dolayı liflere paralel parlaklık değeri yüksek çıktığı düşünülmektedir.

Literatürde [271], [272], odunun parlaklık değerinin azalmasının sebepleri arasında, hemiselülozların ve ekstraktiflerin oluşumu, ısıl işlem sonucunda bozunuma uğrayan ürünler veya ısıl işlem sırasında oluşan lignin polimerizasyon reaksiyonlarının gösterilebileceği ifade edilmiştir. Halkalı traheli odun yüzeylerindeki parlaklık

değerlerinin diğer türlere kıyasla daha az bulunduğu, bunun sebebinin, tam doldurulmamış trahe boşluklarının yüzeye gelen ışık şiddetini azaltmasından ve ışığın değişik yönlere yansıtmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir [313].

Çizelge 3.77'ye göre, liflere dik parlaklık değeri; ısıtma işlem düzeyinde, en yüksek 190 °C - 1,5 saat uygulamasında, en düşük 212 °C - 2 saat ısıtma işlem uygulamasında elde edilmiştir. Liflere dik parlaklık değerinin 190 °C - 1,5 saat uygulamasında en yüksek değere ulaştığı, 212 °C - 2 saat uygulamasına gelindiğinde ise bu değer aniden düştüğü gözlemlenmiştir.

[314] çalışmalarında, ısıtma işlem sıcaklığının ve uygulama süresinin artmasıyla parlaklık değerlerinde ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinde azalma gözlemlendiğini tespit etmişlerdir. Isıtma işlem uygulamasında sıcaklık derecesinin bazı ağaçların doğal parlaklık değerini olumsuz yönde etkilediği ve ısıtma işlem görmüş ağaç malzemesinde sıcaklığa bağlı olarak parlaklık değerindeki azalmanın, glukoz, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimler neticesinde meydana geldiği bildirilmiştir [280]. Sarıçam (*Pinus sylvestris*) odununa 190 °C'de 2 saat, 212 °C'de 1 saat ve 2 saat süreyle ısıtma işlem ve sonrasında UV vernik uygulanmıştır. Sonuç olarak, parlaklık değerinin ısıtma işlem sonrası azaldığı ifade edilmiştir [298]. Yüksek sıcaklıklarda ligninin metoksi içeriğinin azaldığı ve yoğunlaşmamış ünitelerden bazılarının difenilmetan tipi ünitelere dönüştüğü bildirilmiştir. Difenilmetan tipi yoğunlaşmanın 120 - 220 °C aralığında tipik bir reaksiyon olduğu, renk, reaktivite ve çözünme gibi lignin özellikleri üzerine önemli bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. Isıtma işlem süresince ligninin bozunmaya, aynı zamanda kondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına uğradığı belirtilmiştir. Isıtma işlem sürecinde oluşan bu durumların ağaç malzemenin parlaklık değerinde olumsuz bir etkiye neden olduğu ifade edilmiştir [16].

Çizelge 3.77'ye göre, liflere dik parlaklık değeri; vernik çeşidi düzeyinde en yüksek sentetik vernikte görülmüştür. Bu durumun, sentetik verniğin yüzeyde parlak bir katman oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. En düşük değer tik yağı uygulamasında elde edilmiştir. Bu durumun, odun yüzeyinin tik yağını absorbe edip katman bırakmayarak mat bir yüzey oluşturmasından kaynaklanmış olabileceği söylenebilir. Su çözücülü UV kurlenmeli poliüretan-Akrilat verniğin yaşlandırma sonunda parlaklığının arttığı ve bozunma mekanizmasında en fazla hassasiyeti üretilen (C-NH) bağlarının gösterdiği bildirilmiştir [159]. Birinci yaşlandırma periyodunda katman parlaklığında önemli bir oranda azalma görüldüğü, daha sonraki periyotlarda

ise bu değerlerde artış görüldüğü bildirilmiştir. Bu durum, su bazlı verniklerde kürlenmenin tamamlanmasına kadar geçen sürede yaşlandırma işlemi etkisiyle parlaklıkta bir miktar azalmanın olabileceği, tam kuru katman oluşumundan sonra ise parlaklıkta artış olabileceği şeklinde yorumlanmıştır [113]. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), dağ akça ağacı (*Acer pseudoplatanus* L.), kırmızı Amerikan meşesi (*Quercus rubra*), karaceviz (*Juglans nigra* L.) ve ceviz (*Juglans regia* L.) odunundan yapılmış lamine parkelere UV vernik uygulanmış ve sonrasında termal yaşlandırmaya tabi tutulmuştur. Termal yaşlanmanın öncesinde ve sonrasında liflere dik ve liflere paralel parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Parlaklık değerlerinin ölçülen tüm odun türlerinde genel olarak, termal yaşlanmanın şiddeti ile doğru orantılı olarak azaldığı tespit edilmiştir [294].

Çizelge 3.77'ye göre, liflere dik parlaklık değeri; yaşlandırma periyodu düzeyinde en yüksek kontrol örneklerinde görülmüştür. 144 saat ve 288 saatlik yaşlandırma periyodları aynı çıkarken, en düşük değer 432 saatlik yaşlandırma periyodunda tespit edilmiştir. Yaşlandırılmamış deney örneklerinin diğer yaşlandırma periyodlarındaki deney örneklerine oranla çok daha yüksek değere sahip olması dikkat çekicidir.

Isıl işlem görmüş (ThermoWood) ve su-bazlı vernik uygulanmış bazı ağaç türlerinde hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı parlaklık değişimleri ölçülmüş, sonuçta, ısı işlem görmüş, su bazlı tek ve çift bileşenli vernik katmanlarında parlaklık değerlerinin azaldığı ifade edilmiştir [312]. Parlaklık, yaşlandırmada uygulanan sıcaklık ve sürenin bir fonksiyonu olarak gösterilirken, uzun süreli korumalarda vernik karakteristiklerinin, uygulanan sıcaklık ve süreden daha önemli olduğu ifade edilmiştir [156]. 144 ve 432 saatlik periyotlarda UV-A lambası yaşlandırması ile termoplastik yapıdaki su bazlı tek bileşenli vernik katmanlarında sıcaklık artışına bağlı olarak yüzey geriliminin arttığı ve çapraz bağlarda kopmalar olduğu, bunun da parlaklık değerlerinde azalmaya sebep olduğu belirtilmiştir [181]. Yapay ve doğal yaşlandırma sürecinin parlaklık azaltıcı etkisi olduğu farklı çalışmalarda bildirilmiştir [113], [302], [308], [311], [312]. Yapılan doğal yaşlandırma sonucu deney örneklerinin liflere dik parlaklık değerinin, stand açısının artmasıyla doğru orantılı olarak arttığı bildirilmiştir. Bu durumun, güneş ışınlarının deney örneği yüzeyine geliş açısından, yağmur sularının tutunma süresinden ve sıcaklığın yıpratıcı etkisinden kaynaklandığı ifade edilmiştir [169].

Çizelge 3.88'e göre, liflere dik parlaklık değeri; ağaç malzeme türü - ısıtım işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşiminde (ABCD), en yüksek sentetik vernik uygulanmış, kontrol örneğinde, ısıtım işlemsiz akkavak odununda ve sentetik vernik uygulanmış, kontrol örneğinde, 212 °C - 2 saat ısıtım işleme tabi tutulmuş aksöğüt odununda bulunmuştur. Akkavak odununda tespit edilen yüksek parlaklık değerinin sebepleri arasında; ısıtım işlem ve yaşlandırma etkisine maruz kalmaması dolayısı ile doğal açık rengini kaybetmemesi ve uygulanan sentetik verniğin parlak katman yapma özelliğinin etkisi olduğu söylenebilir. Aksöğüt odununun ise, ısıtım işlem etkisine rağmen sahip olduğu yeknesak tekstürlü yapısı sayesinde parlaklık değerinin arttığı düşünülmektedir.

En düşük liflere dik parlaklık değeri ise; tik yağı uygulanmış, 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 C° - 2 saat ısıtım işlem görmüş aksöğüt odununda elde edilmiştir. Bu durumun, katman yapma özelliği olmayan tik yağının mat bir yüzey oluşturmasından, yüksek ısıtım işlem uygulamasından, uzun süreli yaşlandırma periyoduna maruz bırakılmış olmasından kaynaklandığı ifade edilebilir. Sonuç olarak yaşlandırma etkisinin, liflere dik yönde ölçülen parlaklık değerini azalttığı söylenebilir.

### 3.2.5. Islanabilirlik Değerleri İle İlgili Bulgular

Farklı vernik çeşidinin uygulandığı ısıtım işlem görmüş deney örneklerinin yaşlandırmaya tabi tutulması sonucu, temas açısı değerleri değişimi incelenerek farklılıklar tespit edilmiş, elde edilen ortalama değerler Çizelge 3.89'da verilmiştir.

Çizelge 3.89. Islanabilirlik ölçümlerine ait ortalama değerler (CA (°)).

Ağaç Malzeme Türü	Isıtım İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Amerikan dışbudak	Isıtım işlemsiz	Sentetik	$\bar{X}$	89,05	77,23	72,18	95,48
			$S$	1,11	1,86	1,95	1,07
			$X_{min}$	87,64	75,03	70,14	94,02
			$X_{max}$	91,39	81,39	76,24	96,89
		Su bazlı	$\bar{X}$	63,66	78,50	75,58	76,21
			$S$	0,96	1,37	0,79	3,09
			$X_{min}$	62,41	76,87	74,54	71,99
			$X_{max}$	64,87	80,99	76,97	81,32
		Tik yağı	$\bar{X}$	105,58	92,44	88,64	84,14
			$S$	2,50	1,76	4,17	3,40
			$X_{min}$	102,68	89,32	83,44	79,12
			$X_{max}$	109,43	95,02	94,34	89,68
190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{X}$	82,10	69,58	76,16	85,23	
		$S$	3,88	0,46	3,85	1,05	
		$X_{min}$	78,22	68,96	70,95	83,99	

Çizelge 3.89. (devam). Islanabilirlik ölçümlerine ait ortalama değerler (CA (°)).

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu				
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat	
Amerikan dışbudak	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$X_{max}$	88,17	70,22	81,35	86,88	
		Su bazlı	$\bar{X}$	67,21	76,58	74,33	78,86	
			$S$	3,16	1,78	1,77	1,83	
			$X_{min}$	62,36	73,92	70,86	74,27	
			$X_{max}$	73,39	79,74	77,12	81,14	
		Tik yağı	$\bar{X}$	97,62	94,86	90,29	98,28	
			$S$	1,14	1,53	1,07	1,13	
			$X_{min}$	95,82	92,82	88,61	96,13	
			$X_{max}$	98,97	97,02	92,15	99,87	
		212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{X}$	80,74	67,52	64,23	94,21
				$S$	4,86	2,85	2,71	2,43
				$X_{min}$	74,39	63,31	59,68	90,18
	$X_{max}$			89,08	72,71	68,79	98,24	
	Su bazlı		$\bar{X}$	61,25	72,24	73,19	77,18	
			$S$	1,77	1,82	1,39	1,16	
			$X_{min}$	59,41	69,42	70,96	74,73	
			$X_{max}$	64,28	75,68	75,06	78,34	
	Tik yağı		$\bar{X}$	97,46	81,08	83,25	92,52	
			$S$	1,43	3,58	1,22	0,70	
			$X_{min}$	95,34	74,77	81,17	91,68	
			$X_{max}$	99,81	87,37	85,28	93,61	
	Avrupa kızılğacı	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{X}$	80,74	86,78	78,81	84,48
				$S$	1,51	3,21	2,28	1,05
				$X_{min}$	78,08	80,93	75,34	83,13
$X_{max}$				83,61	92,57	84,16	86,35	
Su Bazlı			$\bar{X}$	62,92	81,77	68,86	78,38	
			$S$	2,00	3,18	1,50	1,15	
			$X_{min}$	59,80	76,39	67,42	76,28	
			$X_{max}$	66,04	87,15	71,78	79,78	
Tik yağı			$\bar{X}$	101,16	93,72	87,77	88,94	
			$S$	2,51	1,24	1,11	1,05	
			$X_{min}$	96,83	91,83	85,75	87,29	
			$X_{max}$	105,42	96,27	89,76	90,64	
190 °C 1,5 saat		Sentetik	$\bar{X}$	70,01	68,84	70,49	85,35	
			$S$	3,30	5,98	4,55	2,72	
			$X_{min}$	65,87	60,87	64,12	80,73	
			$X_{max}$	75,02	76,72	77,56	90,03	
		Su bazlı	$\bar{X}$	65,04	74,69	72,26	81,10	
			$S$	1,76	0,73	3,29	3,05	
			$X_{min}$	62,02	73,47	66,32	75,56	
			$X_{max}$	67,76	75,73	78,13	86,70	
		Tik yağı	$\bar{X}$	96,35	95,00	93,41	90,84	
			$S$	1,37	0,95	1,43	1,21	
			$X_{min}$	94,11	93,75	91,13	88,15	
			$X_{max}$	98,30	97,14	96,22	92,52	
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{X}$	79,10	70,77	69,63	84,04		
		$S$	2,23	0,86	5,23	5,40		
		$X_{min}$	76,24	69,64	59,33	76,78		
		$X_{max}$	81,88	71,91	79,94	93,84		
	Su bazlı	$\bar{X}$	64,21	75,24	75,97	77,58		
		$S$	2,73	2,63	5,29	1,26		
$X_{min}$	59,58	71,32	68,49	75,75				

Çizelge 3.89. (devam). İslanabilirlik ölçümlerine ait ortalama değerler (CA (°)).

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Avrupa kızılacağı	212 °C 2 saat	Su bazlı	$X_{max}$	68,93	79,16	83,43	79,56
		Tik yağı	$\bar{X}$	94,34	92,33	94,49	85,31
			$S$	2,11	2,92	1,10	0,77
			$X_{min}$	90,18	87,12	93,03	84,27
			$X_{max}$	96,86	97,51	96,23	86,51
Akkavak	Isıl İşlemsiz	Sentetik	$\bar{X}$	81,42	74,55	67,38	78,92
			$S$	0,93	1,02	1,94	6,51
			$X_{min}$	79,94	73,12	64,55	70,12
			$X_{max}$	82,40	75,87	69,87	87,09
		Su Bazlı	$\bar{X}$	82,57	85,11	72,15	86,09
			$S$	2,70	1,83	0,98	1,02
			$X_{min}$	79,91	82,43	70,54	84,08
			$X_{max}$	89,28	87,75	73,56	87,19
		Tik yağı	$\bar{X}$	108,98	97,45	90,47	86,60
			$S$	4,52	3,86	0,68	0,96
			$X_{min}$	102,25	92,22	89,56	85,13
			$X_{max}$	114,94	103,84	91,52	87,81
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{X}$	82,65	83,80	76,77	86,36
			$S$	1,01	3,53	1,27	2,12
			$X_{min}$	81,19	78,65	75,10	81,77
			$X_{max}$	84,58	88,54	78,44	90,02
		Su bazlı	$\bar{X}$	73,08	76,57	74,73	77,44
			$S$	3,34	4,41	3,85	7,63
			$X_{min}$	67,38	72,16	67,84	68,27
			$X_{max}$	76,89	86,51	81,62	88,33
		Tik yağı	$\bar{X}$	101,04	95,65	89,55	90,68
			$S$	7,16	0,87	2,52	4,45
			$X_{min}$	91,54	94,11	85,39	83,17
			$X_{max}$	109,62	96,77	93,38	99,28
212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{X}$	85,23	83,50	75,07	87,67	
		$S$	2,18	5,01	4,60	1,16	
		$X_{min}$	82,15	73,56	70,11	85,48	
		$X_{max}$	88,26	89,24	83,05	89,69	
	Su Bazlı	$\bar{X}$	65,31	77,87	79,65	80,79	
		$S$	2,13	1,90	1,37	1,40	
		$X_{min}$	62,21	74,98	77,56	79,09	
		$X_{max}$	67,75	80,61	81,48	82,47	
	Tik yağı	$\bar{X}$	94,51	95,90	90,80	86,40	
		$S$	1,94	0,96	0,73	1,77	
		$X_{min}$	91,32	94,38	89,62	84,54	
		$X_{max}$	97,78	97,64	91,93	89,87	
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{X}$	80,04	88,62	75,51	95,72
			$S$	1,40	2,17	4,38	4,02
			$X_{min}$	78,13	84,26	68,80	89,27
			$X_{max}$	81,74	93,02	82,23	102,18
		Su bazlı	$\bar{X}$	69,72	80,58	73,41	87,74
			$S$	1,11	1,41	2,78	5,53
			$X_{min}$	67,05	78,79	68,14	78,50
			$X_{max}$	70,95	82,88	77,24	97,05
		Tik yağı	$\bar{X}$	98,97	97,05	93,14	90,70
			$S$	4,83	0,89	2,81	2,71
			$X_{min}$	90,25	95,41	88,23	85,38

Çizelge 3.89. (devam). İslanabilirlik ölçümlerine ait ortalama değerler (CA (°)).

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	Tik yağı	$X_{max}$	107,66	98,38	98,04	96,01
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{X}$	86,88	66,86	71,80	91,22
			$S$	1,36	1,50	2,58	4,76
			$X_{min}$	84,92	64,08	67,98	82,89
			$X_{max}$	88,92	68,91	75,71	99,50
		Su bazlı	$\bar{X}$	67,19	87,88	80,08	79,53
			$S$	2,05	1,04	1,81	2,25
			$X_{min}$	64,18	86,19	77,19	76,13
			$X_{max}$	69,96	89,78	82,44	82,66
		Tik yağı	$\bar{X}$	98,93	95,66	92,64	89,97
			$S$	0,82	2,24	1,22	1,36
			$X_{min}$	97,41	91,02	91,10	87,39
			$X_{max}$	99,97	98,36	94,68	91,75
	212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{X}$	80,26	79,19	73,71	89,13
			$S$	1,41	4,69	2,57	2,21
			$X_{min}$	77,61	72,08	68,40	85,66
			$X_{max}$	81,85	86,21	78,97	92,65
		Su bazlı	$\bar{X}$	65,57	73,48	80,70	78,31
			$S$	1,74	1,16	1,96	1,26
			$X_{min}$	63,71	71,61	77,68	76,15
			$X_{max}$	69,17	75,58	83,68	80,03
		Tik yağı	$\bar{X}$	101,75	102,22	100,02	96,22
			$S$	2,68	1,55	1,45	2,95
			$X_{min}$	96,78	99,89	97,21	91,74
$X_{max}$			106,75	104,53	102,31	100,73	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama,  $S$ : Standart sapma,  $X_{min}$ : En küçük değer,  $X_{max}$ : En büyük değer

İslanabilirlik, ağaç malzeme türü, ısıl işlem periyodu, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.90'da verilmiştir.

Çizelge 3.90. İslanabilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç türü (A)	3	3825,380	1275,127	170,385	0,000*
Isıl işlem (B)	2	1162,910	581,455	77,695	0,000*
Vernik çeşidi (C)	2	91229,081	45614,540	6095,096	0,000*
Yaşlandırma periyodu (D)	3	7395,758	2465,253	329,411	0,000*
Etkileşim (AB)	6	1035,452	172,575	23,060	0,000*
Etkileşim (AC)	6	765,296	127,549	17,043	0,000*
Etkileşim (AD)	9	3488,051	387,561	51,787	0,000*
Etkileşim (BC)	4	628,005	157,001	20,979	0,000*
Etkileşim (BD)	6	2115,632	352,605	47,116	0,000*
Etkileşim (CD)	6	26954,127	4492,354	600,276	0,000*
Etkileşim (ABC)	12	5679,981	473,332	63,247	0,000*
Etkileşim (ABD)	18	3155,732	175,318	23,426	0,000*
Etkileşim (ACD)	18	2318,897	128,828	17,214	0,000*
Etkileşim (BCD)	12	2502,948	208,579	27,871	0,000*
Etkileşim (ABCD)	36	4913,325	136,481	18,237	0,000*
Error	1296	9699,017	7,484		
Total	1439	166869,592			

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

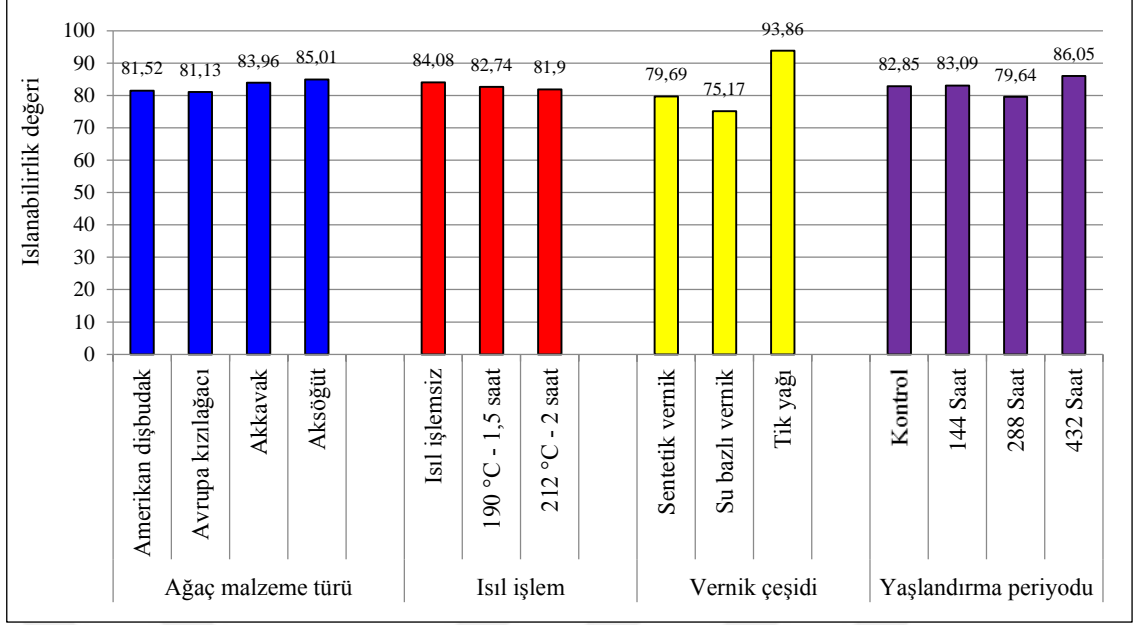
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ( $\alpha=0,05$ ).

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.91'de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik ise Şekil 3.15'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.91. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ıslanabilirlik değerlerine ait Duncan testi sonuçları (CA<sup>0</sup>).

Faktör		$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	81,52	C	LSD $\pm$ 0,18628
	Avrupa kızılbaşacı	81,13	C	
	Akkavak	83,96	B	
	Aksöğüt	85,01	A*	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	84,08	A*	LSD $\pm$ 0,73564
	190 °C - 1,5 saat	82,74	B	
	212 °C - 2 saat	81,90	C	
Vernik çeşidi	Sentetik vernik	79,69	B	LSD $\pm$ 0,57710
	Su bazlı vernik	75,17	C	
	Tik yağı	93,86	A*	
Yaşlandırma periyodu	Kontrol	82,85	B	LSD $\pm$ 0,36015
	144 Saat	83,09	B	
	288 Saat	79,64	C	
	432 Saat	86,05	A*	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri



Şekil 3.15. Ağaç malzeme türü, ısıtım işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ıslanabilirlik değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Temas açısı değeri; ağaç malzeme düzeyinde; en yüksek aksöğüt odununda, en düşük değer Amerikan dişbudak ve Avrupa kızılğacı odunlarında elde edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek temas açısı değeri ısıtım işlemsiz uygulamada, en düşük 212 °C - 2 saat ısıtım işlem uygulamasında görülmüştür. Vernik çeşidi düzeyinde; en yüksek temas açısı değeri tik yağı uygulamasında, en düşük su bazlı vernik uygulamasında tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodu düzeyinde; en yüksek temas açısı değeri 432 saat uygulamasında, en düşük temas açısı değerleri ise 288 saat yaşlandırma periyodunda ortaya çıkmıştır.

Ağaç malzeme türü - ısıtım işlem faktörü etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.92’de verilmiştir.

Çizelge 3.92. Ağaç malzeme türü - ısıtım işlem etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör AB**	Isıl işlemsiz		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	83,22	ABC	82,59	BC	78,74	D
Avrupa kızılğacı	82,86	ABC	80,28	CD	80,25	CD
Akkavak	84,31	AB	84,03	AB	83,56	AB
Aksöğüt	85,93	A*	84,05	AB	85,05	AB

LSD  $\pm$  0,43668

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem

Temas açısı değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşiminde, en yüksek ısıl işlemsiz aksöğütte, en düşük; 212 °C’de 2 saat ısıl işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.93’de verilmiştir.

Çizelge 3.93. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör AC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	79,48	D	72,90	F	92,18	B
Avrupa kızılağacı	77,42	E	73,17	F	92,80	B
Akkavak	80,28	CD	77,61	E	94,00	B
Aksöğüt	81,58	C	77,01	E	96,44	A*
LSD $\pm$ 0,32275						

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi

Temas açısı değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek tik yağı uygulanmış aksöğütte, en düşük; su bazlı vernik uygulanmış Amerikan dişbudak ve Avrupa kızılağacı odunlarında bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.94’de verilmiştir.

Çizelge 3.94. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör AD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	82,74	CDEF	78,89	HI	77,54	I	86,90	AB
Avrupa kızılağacı	79,32	GHI	82,13	EFGH	79,08	GHI	84,00	BCDE
Akkavak	86,09	ABC	85,60	ABCDE	79,62	FGHI	84,55	BCDE
Aksöğüt	83,26	CDE	85,73	ABCD	82,33	DEFG	88,73	A*
LSD $\pm$ 0,11324								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, D: Yaşlandırma periyodu

Temas açısı değeri; ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek 432 saat yaşlandırma periyoduna tabi tutulmuş aksöğütte, en düşük; 288 saat yaşlandırma periyodundaki Amerikan dişbudakta bulunmuştur. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.95’de verilmiştir.

Çizelge 3.95. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör BC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Isıl işlemsiz	81,682	B	76,450	D	94,109	A*
190 °C - 1,5 saat	78,381	C	75,411	D	94,422	A*
212 °C - 2 saat	79,000	C	73,659	E	93,037	A*
LSD $\pm$ 0,34404						

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri

\*\* : B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi

Temas açısı değeri; ıslıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, tik yağı uygulanmış tüm ıslıl işlem uygulamalarında görülürken, en düşük, su bazlı vernik uygulanmış 212 °C - 2 saat ıslıl işlem uygulamasında elde edilmiştir.

Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.96'da verilmiştir.

Çizelge 3.96. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör BD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Isıl işlemsiz	85,40	A*	86,15	A*	78,66	C	86,12	A*
190 °C - 1,5 saat	82,34	B	82,16	B	80,21	BC	86,24	A*
212 °C - 2 saat	80,81	BC	80,94	BC	80,06	BC	85,78	A*
LSD $\pm$ 0,89221								

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri

\*\* : B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Temas açısı değeri; ıslıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek kontrol örneklerinde, 144 saat, 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş ıslıl işlemsiz örneklerde ve 190 °C - 1,5 saat, 212 °C - 2 saat ıslıl işlem uygulamalarındaki 432 saat yaşlandırılmış örneklerde, en düşük; 288 saat yaşlandırmaya maruz bırakılmış ıslıl işlemsiz örneklerde bulunmuştur.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.97'de verilmiştir.

Çizelge 3.97. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör CD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Sentetik vernik	81,52	E	76,44	H	72,64	I	88,15	D
Su bazlı vernik	67,31	İ	78,37	G	75,08	H	79,93	F
Tik yağı	99,73	A*	94,45	B	91,20	C	90,05	C
LSD $\pm$ 1,13672								

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri  
 \*\*: C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Temas açısı değeri; vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek tik yağı uygulanmış kontrol örneğinde, en düşük, su bazlı vernik uygulanmış kontrol örneğinde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısı işlem faktörü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.98'de verilmiştir.

Çizelge 3.98. Ağaç malzeme türü - ısı işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör ABC**		Sentetik vernik		Su bazlı vernik		Tik yağı	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	83,48	FG	73,48	LMN	92,70	BCD
	190 °C - 1,5 saat	78,27	HIİJ	74,25	LMN	95,26	BC
	212 °C - 2 saat	76,68	İJKL	70,7	N	88,58	E
Avrupa kızılacağı	Isıl işlemsiz	82,71	FG	72,98	MN	92,90	BCD
	190 °C - 1,5 saat	73,67	LMN	73,27	LMN	93,90	BCD
	212 °C - 2 saat	75,88	İJKLM	73,25	LMN	91,62	D
Akkavak	Isıl işlemsiz	75,57	JKLM	81,48	GH	95,88	B
	190 °C - 1,5 saat	82,40	FG	75,46	JKLM	94,23	BCD
	212 °C - 2 saat	82,87	FG	75,90	İJKLM	91,90	CD
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	84,97	F	77,86	İİJK	94,97	BCD
	190 °C - 1,5 saat	79,19	HIİ	78,67	HIİJ	94,30	BCD
	212 °C - 2 saat	80,57	GHI	74,51	KLM	100,05	A*
LSD $\pm$ 0,20745							

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi

Temas açısı değeri; ağaç malzeme türü - ısı işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, tik yağı uygulanmış 212 °C - 2 saat ısı işlem görmüş aksöğütte, en düşük, su bazlı vernik uygulanmış, 212 °C - 2 saat ısı işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - ısı işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.99'da verilmiştir.

Çizelge 3.99. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör ABD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan Dişbudak	Isıt işlemsiz	86,10	ABCDE F	82,72	CDEFG HIJK	78,80	HIJKL	85,28	ABCDEF GHI
	190 °C - 1,5 saat	82,31	CDEFG HIJK	80,34	EFGHIİ JK	80,26	FGHIJK	87,46	ABCD
	212 °C - 2 saat	79,82	FGHIJK	73,61	L	73,56	L	87,97	ABCD
Avrupa kızılağacı	Isıt işlemsiz	81,61	DEFGHI JK	87,42	ABCD	78,48	JKL	83,93	CDEFGHI İ
	190 °C - 1,5 saat	77,13	JKL	79,51	FGHIJ KL	78,72	İJKL	85,76	ABCDEF G
	212 °C - 2 saat	79,22	GHIJKL	79,44	GHIJK L	80,03	FGHIJK	82,31	CDEFGHI JK
Akkavak	Isıt işlemsiz	90,99	AB	85,70	ABCDE FG	76,67	KL	83,87	CDEFGHI İ
	190 °C - 1,5 saat	85,59	ABCDE FG	85,34	ABCDE FGH	80,35	EFGHIJ K	84,83	BCDEFG HIİ
	212 °C - 2 saat	81,68	DEFGHI JK	85,76	ABCDE FG	81,84	DEFGHIİ JK	84,95	BCDEFG HIİ
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	82,91	CDEFG HIJK	88,75	ABC	80,68	EFGHIJ K	91,39	A*
	190 °C - 1,5 saat	84,33	CDEFG HIİ	83,47	CDEFG HIJ	81,51	DEFGHIİ JK	86,91	ABCDE
	212 °C - 2 saat	82,53	CDEFG HIJK	84,96	BCDEF GHIİ	84,81	BCDEFG HIİ	87,89	ABCD

LSD  $\pm$  0,88723

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Temas açısı değeri; ağaç malzeme türü - ısıt işlem – yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, 432 saat yaşlandırmaya maruz bırakılmış ısıt işlemsiz aksöğütte, en düşük, 144 saat ve 288 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıt işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.100'de verilmiştir.

Çizelge 3.100. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör ACD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	Sentetik	83,96	JKL	71,44	Z1Z2	70,86	Z2	91,64	FGH
	Su bazlı	64,04	Z4	75,77	TUV	74,37	UVYZ	77,42	RST
	Tik yağı	100,22	AB	89,46	Hİİ	87,39	İ	91,65	FGH
Avrupa kızılacağı	Sentetik	76,62	STU	75,46	TUVY	72,98	YZZ1Z2	84,62	J
	Su bazlı	64,06	Z4	77,23	RST	72,37	ZZ1Z2	79,02	OPRS
	Tik yağı	97,28	CD	93,68	EF	91,89	FGH	88,36	İİ
Akkavak	Sentetik	83,10	JKLM	80,62	MNOP	73,07	VYZZ1Z2	84,32	JK
	Su bazlı	73,65	VYZZ1	79,85	NOPR	75,51	TUVY	81,44	LMNO
	Tik yağı	101,51	A*	96,33	CD	90,27	GHI	87,89	İİ
Aksöğüt	Sentetik	82,40	JKLMN	78,22	PRST	73,67	VYZZ1	92,02	FGH
	Su bazlı	67,49	Z3	80,64	MNOP	78,06	PRST	81,86	KLMN
	Tik yağı	99,88	AB	98,31	BC	95,26	DE	92,30	FG
LSD $\pm$ 0,65196									

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri

\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Temas açısı değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek tik yağı uygulanmış, kontrol grubunda, akkavak odununda, en düşük, su bazlı vernik uygulanmış, kontrol örneğinde, Amerikan dişbudak ve Avrupa kızılacağı odunlarında elde edilmiştir. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.101'de verilmiştir.

Çizelge 3.101. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör BCD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	82,82	I	81,79	I	73,47	MN	88,65	GH
	Su bazlı vernik	69,71	PR	81,49	İİ	72,50	NO	82,10	I
	Tik yağı	103,67	A*	95,17	C	90,00	FG	87,60	H
190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	80,41	İİJ	72,27	NO	73,80	MN	87,04	H
	Su bazlı vernik	68,13	R	78,93	JK	75,35	LM	79,23	İJK
	Tik yağı	98,48	B	95,29	C	91,47	DEF	92,44	DE
212 °C 2 saat	Sentetik vernik	81,33	İİ	75,24	LM	70,66	OP	88,76	GH
	Su bazlı vernik	64,08	S	74,71	MN	77,38	KL	78,47	JK
	Tik yağı	97,02	BC	92,88	D	92,14	DEF	90,11	EFG
LSD $\pm$ 0,09141									

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri

\*\* : B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Temas açısı değeri; ısııl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, tik yağı uygulanmış, kontrol grubunda, ısııl işlemsiz örneklerde, en düşük, su bazlı vernik uygulanmış, kontrol grubunda, 212 °C - 2 saat ısııl

işleme tabi tutulmuş örneklerde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.102’de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.102. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

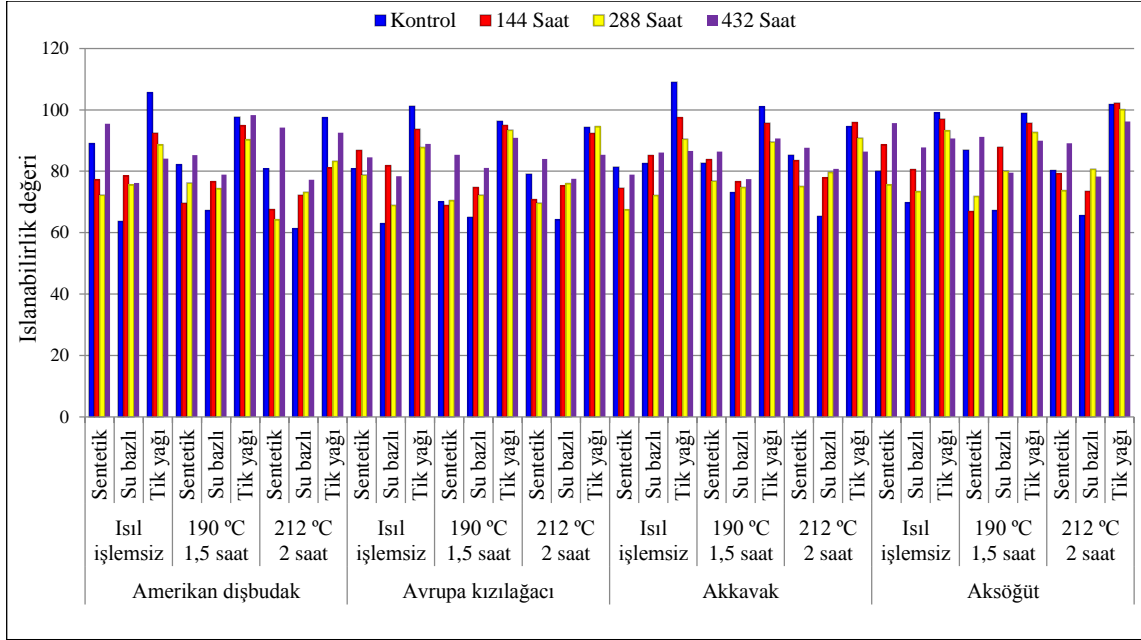
Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	89,05	STUVY	77,23	Z20Z21Z22Z23Z24Z25Z26Z27Z28Z29Z30	72,18	Z34Z35Z36Z37Z38	95,48	GHIJK
		Su bazlı vernik	63,66	Z44Z45	78,50	Z16Z17Z18Z19Z20Z21Z22Z23Z24Z25	75,58	Z25Z26Z27Z28Z29Z30Z31Z32Z33	76,21	Z23Z24Z25Z26Z27Z28Z29Z30Z31Z32
		Tik yağı	105,58	B	92,44	LMNOP	88,64	STUVYZ	84,14	Z2Z3Z4Z5Z6Z7Z8
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	82,10	Z7Z8Z9Z10Z11Z12Z13Z14	69,58	Z38Z39Z40Z41	76,16	Z23Z24Z25Z26Z27Z28Z29Z30Z31Z32	85,23	Z1Z2Z3Z4Z5Z6
		Su bazlı vernik	67,21	Z40Z41Z42	76,58	Z22Z23Z24Z25Z26Z27Z28Z29Z30Z31	74,33	Z30Z31Z32Z33Z34Z35	78,86	Z15Z16Z17Z18Z19Z20Z21Z22Z23Z24
		Tik yağı	97,62	EFGH	94,86	HIJKLM	90,29	OPRSTU	98,28	EFG
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	80,74	Z10Z11Z12Z13Z14Z15Z16Z17Z18	67,52	Z40Z41Z42	64,23	Z43Z44	94,21	IJKLM
		Su bazlı vernik	61,25	Z45	72,24	Z34Z35Z36Z37Z38	73,19	Z33Z34Z35Z36Z37	77,18	Z20Z21Z22Z23Z24Z25Z26Z27Z28Z29Z30
		Tik yağı	97,46	EFGH	81,08	Z9Z10Z11Z12Z13Z14Z15Z16Z17	83,25	Z5Z6Z7Z8Z9Z10Z11	92,52	LMNOP
Avrupa Kızılağacı	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	80,74	Z10Z11Z12Z13Z14Z15Z16Z17Z18	86,78	VYZZ1Z2	78,81	Z15Z16Z17Z18Z19Z20Z21Z22Z23Z24	84,48	Z2Z3Z4Z5Z6Z7
		Su bazlı vernik	62,92	Z44Z45	81,77	Z7Z8Z9Z10Z11Z12Z13Z14Z15	68,86	Z39Z40Z41	78,38	Z17Z18Z19Z20Z21Z22Z23Z24Z25Z26
		Tik yağı	101,16	CD	93,72	IJKLM	87,77	UVYZZ1	88,94	STUVYZ
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	70,01	Z38Z39Z40	68,84	Z39Z40Z41	70,49	Z37Z38Z39	85,35	Z1Z2Z3Z4Z5Z6
		Su bazlı vernik	65,04	Z42Z43Z44	74,69	Z28Z29Z30Z31Z32Z33Z34Z35	72,26	Z34Z35Z36Z37Z38	81,10	Z9Z10Z11Z12Z13Z14Z15Z16Z17
		Tik yağı	96,35	FHII	95,00	HIJKLM	93,41	IJKLMN	90,84	NOPRS
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	79,10	Z15Z16Z17Z18Z19Z20Z21Z22Z23	70,77	Z36Z37Z38Z39	69,63	Z38Z39Z40Z41	84,04	Z2Z3Z4Z5Z6Z7Z8
		Su bazlı vernik	64,21	Z43Z44	75,24	Z27Z28Z29Z30Z31Z32Z33	75,97	Z24Z25Z26Z27Z28Z29Z30Z31Z32Z33	77,58	Z19Z20Z21Z22Z23Z24Z25Z26Z27Z28
		Tik yağı	94,34	IJKLM	92,33	LMNOPR	94,49	IJKLM	85,31	Z1Z2Z3Z4Z5Z6
Ak Kavak	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	81,42	Z8Z9Z10Z11Z12Z13Z14Z15Z16	74,55	Z29Z30Z31Z32Z33Z34Z35	67,38	Z40Z41Z42	78,92	Z15Z16Z17Z18Z19Z20Z21Z22Z23Z24

Çizelge 3.102. (devam). Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları (CA (°)).

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu								
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat		
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	
Ak Kavak	Isıl işlemsiz	Su bazlı vernik	82,57	Z6Z7Z8Z9 Z10Z11Z12 Z13	85,11	Z1Z2Z3Z4Z5 Z6	72,15	Z34Z35Z36Z 37Z38	86,09	ZZ1Z2Z3Z4Z 5	
		Tik yağı	108,98	A*	97,45	EFGH	90,47	OPRSTU	86,60	YZZ1Z2Z3	
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	82,65	Z6Z7Z8Z9 Z10Z11Z12	83,80	Z3Z4Z5Z6Z7 Z8Z9	76,77	Z21Z22Z23Z 24Z25Z26Z2 7Z28Z29Z30	86,36	YZZ1Z2Z3Z4	
		Su bazlı vernik	73,08	Z33Z34Z35 Z36Z37	76,57	Z22Z23Z24Z 25Z26Z27Z2 8Z29Z30Z31	74,73	Z28Z29Z30Z 31Z32Z33Z3 4Z35	77,44	Z19Z20Z21Z 22Z23Z24Z25 Z26Z27Z28Z 29	
		Tik yağı	101,04	CD	95,65	GHIİJ	89,55	RSTUV	90,68	NOPRST	
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	85,23	Z1Z2Z3Z4 Z5Z6	83,50	Z4Z5Z6Z7Z8 Z9Z10	75,07	Z27Z28Z29Z 30Z31Z32Z3 3Z34	87,67	UVYZZ1	
		Su bazlı vernik	65,31	Z42Z43Z44	77,87	Z18Z19Z20Z 21Z22Z23Z2 4Z25Z26Z27	79,65	Z13Z14Z15Z 16Z17Z18Z1 9Z20Z21	80,79	Z10Z11Z12Z 13Z14Z15Z16 Z17Z18	
		Tik yağı	94,51	İİJKL	95,90	GHIİJ	90,80	NOPRS	86,40	YZZ1Z2Z3Z4	
	Ak Söğüt	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	80,04	Z12Z13Z14 Z15Z16Z17 Z18Z19Z20	88,62	STUVYZ	75,51	Z26Z27Z28Z 29Z30Z31Z3 2Z33	95,72	GHIİJ
			Su bazlı vernik	69,72	Z38Z39Z40	80,58	Z11Z12Z13Z 14Z15Z16Z1 7Z18	73,41	Z32Z33Z34Z 35Z36	87,74	UVYZZ1
Tik yağı			98,97	DEF	97,05	FGHI	93,14	JKLMNO	90,70	NOPRST	
190 °C 1,5 saat		Sentetik vernik	86,88	VYZZ1Z2	66,86	Z41Z42Z43	71,80	Z35Z36Z37Z 38	91,22	MNOPRS	
		Su bazlı vernik	67,19	Z40Z41Z42	87,88	TUVYZZ1	80,08	Z12Z13Z14Z 15Z16Z17Z1 8Z19Z20	79,53	Z14Z15Z16Z 17Z18Z19Z20 Z21Z22	
		Tik yağı	98,93	DEF	95,66	GHIİJ	92,64	KLMNOP	89,97	PRSTU	
212 °C 2 saat		Sentetik vernik	80,26	Z12Z13Z14 Z15Z16Z17 Z18Z19	79,19	Z14Z15Z16Z 17Z18Z19Z2 0Z21Z22	73,71	Z31Z32Z33Z 34Z35	89,13	STUVY	
		Su bazlı vernik	65,57	Z42Z43Z44	73,48	Z32Z33Z34Z 35Z36	80,70	Z10Z11Z12Z 13Z14Z15Z1 6Z17Z18	78,31	Z17Z18Z19Z 20Z21Z22Z23 Z24Z25Z26	
		Tik yağı	101,75	C	102,22	C	100,02	CDE	96,22	FGHIİ	

LSD ± 0,11963

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek ıslanabilirlik değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.16. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ıslanabilirlik değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Temas açısı değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşimde en yüksek, tik yağı uygulanmış yaşlandırılmamış ısıl işlemsiz akkavak odununda, en düşük; su bazlı vernik uygulanmış, yaşlandırılmamış, 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir.

### 3.2.6. Islanabilirlik İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.91'e göre, temas açısı değeri; ağaç malzeme türü düzeyinde en yüksek aksöğüt odununda, en düşük Amerikan dişbudak ve Avrupa kızılğacı odunlarında elde edilmiştir.

[240] yaptıkları çalışmada; ıslanabilirlik, bir sıvının yüzeye ne kadar hızlı yayılıp ıslatabileceğini veya tam tersi yayılmayacağını belirleyen bir yüzey durumu olarak tanımlanmışlardır. [55] ve [315] yaptıkları çalışmada; ıslanabilirliğin azalmasının olası nedenlerinden birinin selülozun kristallenme artışından kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir.

Isıl işlem uygulanmış odun daha düşük su alımı sergiler. Yüksek sıcaklık şartlarına maruz kalan bir odun yüzeyi inaktivasyona uğrayabilir. Odun yüzeyinin bağlanma yerlerinin oksidasyon ve/veya pirolizi yeterince yüksek sıcaklık ve uzun sürede gerçek ve kaçınılmaz inaktivasyon mekanizmasına yol açar. Higroskopiklikteki kayıp, ısıl

işlem süresince odunun hidroksil gruplarının kademeli kaybına bağlanmıştır. İslanabilirlik direkt olarak oksijen/karbon (O/C) oranı ile endirekt olarak C1/C2 oranı ile ilgili olduğu bildirilmiştir. C1 bileşeni karbon-karbon veya karbonhidrojen bağları ile ilgili olup, C2 bileşeni tek karbon-oksijen bağı temsil ettiği belirtilmiştir. Düşük oksijen/karbon (O/C) oranı ve yüksek C1/C2 oranı, odun yüzeyinde polar olmayan odun bileşenlerinin (ekstraktif madde/uçucu bileşikler) yüksek konsantrasyonu yansıttığı ve bu da odun yüzeylerini hidrofiliten daha çok hidrofobik (suyu iten) davranacak şekilde modifiye ettiği ifade edilmiştir [16], [98].

[55] ve [316] yaptıkları çalışmada; odunda meydana gelen bozunma reaksiyonlarının ve ekstraktların oluşumunun odunun hidrofobik özelliklerinden kaynaklanmadığı ıslanabilirlik değişiminin, odunda kalıntı olarak kalan suyun kaybindan veya büyük ihtimalle ligninin plastikleştirilmesinden kaynaklanan odun biyopolimerlerinin konformasyonel düzen modifikasyonuna bağlı olabileceği ileri sürmüşlerdir. Ayrıca ıslanabilirlik değişiminin kavak odununda en yüksek değerde olduğunu; devamında ise çam, ladin ve kayın odununun bu değişimi takip ettiği bildirilmiştir.

[317] ve [318] çalışmalarında, ısı işlem sırasında selüloz ve ligninin belirli bir oranda değişirken hemiselülozların büyük ölçüde etkilendiğini belirtmişlerdir. Hidroksil gruplarındaki (OH-) çapraz bağlanma sayısını etkileyen hemiselülozun bozunması sonucu organik asitin serbest bırakıldığı bildirmişlerdir. Odunun hidrofobikliği de OH- gruplarının azalmasıyla artacağı ve bu durumun odun örneklerinin boyutsal stabilitesinde iyileşmeye neden olacağı ifade etmişlerdir.

[318] ve [319] çalışmalarında; yüksek sıcaklıklarda uygulanan ısı işlem sonrası, ıslanabilirlik testinde odun örneklerinin yüzeyinde test sırasında muhtemel yuvarlak su damlacıkları oluşabileceği belirtmişlerdir. Isı işlemsiz örneklerde ise sıvı hızla emildiğinden ve sıvı yüzey temas açısı küçüldüğünden, sıvının daha düz bir şekle sahip olacağını, bunun nedeninin ise pürüzsüz odun yüzeylerine göre daha büyük yüzey alanına sahip olan pürüzlü odun yüzeyi tarafından sıvının kolayca emilebilmesi olabileceğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 3.91'e göre, temas açısı değeri; ısı işlem düzeyinde, en yüksek ısı işlemsiz kontrol örneklerinde görülürken, en düşük değer 212 °C - 2 saat ısı işlem uygulamasında elde edilmiştir. Isı işlem sıcaklığı arttıkça temas açısı değerinin azaldığı görülmektedir. [320] yaptıkları çalışmada, okaliptüs odununa 2 ile 24 saat boyunca

170 °C ve 200 °C’de ısıtım işlem uygulanmışlardır. Odun örneklerinde meydana gelen kütle kaybı oranları % 3-4’ e ulaştığında yüzey ıslanabilirliğinin azaldığını ancak % 6 oranına ulaşan yüksek kütle kayıplarında ıslanabilirlikte artış olduğunu raporlamışlardır. Bu durumun sebebini ise ısıtım işlem esnasında bozunuma uğrayan bileşiklerden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

[240] yaptıkları çalışmada; Plato® yöntemi ile ısıtım işlem uygulanmış ağaç türlerinin ıslanabilirliğinin azaldığı bildirilmiştir. ısıtım işlem uygulanmamış kontrol numuneleri ile ısıtım işlem uygulanmış numunelerin ıslanabilirlik yüzey temas açıları karşılaştırıldığında, ısıtım işlem uygulanmış numunelerin temas açılarının her zaman daha büyük bulunduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, açık hava şartlarında gerçekleştirilen yaşlandırma işlemi sonrası yapılan ıslanabilirlik testinde, yüzey temas açısının zamana bağlı olarak arttığı açıkça görülmüştür.

[316] çalışmalarında; ısıtım işlem uygulanmış bazı Avrupa ağaç türlerinin ıslanabilirlikleri incelemişlerdir. Yüzey temas açılarının odunun camlaşmaya geçiş sıcaklığı etrafında önemli ölçüde değiştiğini, daha yüksek sıcaklıklarda ise ısıtım özelliklerinde belirgin bir değişiklik görülmediğini belirtmişlerdir. ısıtım işlem görmemiş ve ısıtım işlem görmüş odun örneklerinin temas açılarının çok farklı olduğunu, ancak farklı sıcaklıklarda ısıtım işlem görmüş ahşap numuneleri için önemli bir temas açısı değişikliğinin olmadığını gözlemlemişlerdir.

Amerikan dişbudak ve akçağaç odunlarına ısıtım işlem uygulanmış, odun yüzeyi ile su damlası arasındaki temas açısının ısıtım işlem sonrası arttığı ve odunun ıslanabilirliğinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu artışın her iki odun türü için radyal ve teğet yönlerdeki artışa kıyasla eksenel yönde daha anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Radyal ve teğet yönlerdeki temas açıları ise benzer bulunmuştur.

[321] yaptıkları çalışmada, ısıtım işlem görmüş odunun ıslanabilirliğinin 130 °C ile 210 °C arasındaki uygulamalarda azaldığını, maksimum seviyedeki azalmanın ise 190 °C’de meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Bu durumun ise, odunda bozunuma uğrayan bileşiklerin oluşumundan kaynaklandığı belirtilmiştir. Kayın ağacının hidrofobikliğinin, 130-160 °C ısıtım sıcaklıkları arasında arttığı bulunmuştur [316]. Ladin, kavak, kayın ve çam odunlarının hidrofobikliği kimyasal modifikasyon işlemleri ile karşılaştırıldığında, ısıtım işlem uygulaması ile arttığı, sonuç olarak; ıslanabilirliğin azaldığı tespit edilmiştir [315]. [318] yaptıkları çalışmada; ısıtım işlem görmüş

numunelerin ıslanabilirliğinin, kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında bazı gelişmelere sahip olduğu görülmüştür. 8 saat süreyle, 190 °C sıcaklığa maruz kalan örneklerin, ısıl işlem uygulanmamış örneklere göre % 109.7 daha yüksek temas açısı değerine sahip olduğu tespit etmişlerdir.

[55] ve [322] yaptıkları çalışmada; kavak, kayın, ladin ve deniz çamına 8 saat boyunca 40 °C ile 260 °C arasında sıcaklıklarda ısıl işlem uygulamışlardır. Islanabilirliğin 135 °C'den başlayan sıcaklıklarda sert bir biçimde düşüş gösterdiği ve sıcaklık artışı ile birlikte değerlerde çok az miktarda bir artış olduğu belirtmişlerdir. Islanabilirliğin azalması ile odundaki kütle kaybının veya odunun ekstraktif içeriğinin arasında herhangi bir ilişki bulunmadığı ifade etmişlerdir.

Çizelge 3.91'e göre, temas açısı değeri; vernik çeşidi düzeyinde, en yüksek tik yağı uygulamasında görülmüştür. Bu durumun sebebi, tik yağı uygulanmış yüzeylerin su ile olan ilişkisinin zayıflaması, yağdan dolayı hidrofobik bir özellik kazanması ve daha az polar bir hal alması ile su iticiliğinin artması olarak açıklanabilir. Bu durum [323] tarafından yapılan çalışma ile desteklenmektedir.

Tik yağı uygulamasından sonraki en yüksek temas açısı değeri sentetik vernik uygulamasında görülmüştür. Bunun sebebi, sentetik verniğin genel yapısı içerisinde esas bileşenler olarak bulunan modifiye reçineler, kuruyan yağlar ve yağ alkidlerinin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir [204]. Sentetik vernikten sonra en düşük temas açısı değeri su bazlı vernik uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 3.91'e göre, temas açısı değeri; yaşlandırma periyodu düzeyinde en yüksek 432 saat yaşlandırılmış örneklerde, en düşük temas açısı değeri 288 saatlik yaşlandırma periyodunda ortaya çıkmıştır. Yaşlandırmada birinci ve ikinci periyodlarda bir değişim gözlenmezken, 288 saatlik olan üçüncü periyoda gelindiğinde en düşük hidrofobik bir yapıya girdiği görülmekte, ancak dördüncü periyoda gelindiğinde en yüksek hidrofobik değere ulaşması oldukça dikkat çekmektedir.

[324], yapmış oldukları çalışmada sedir ve çam odunu panellerine 12 hafta süreyle doğal yaşlandırma uygulamışlardır. Çam panellerin ıslanabilirliğinin sedir panellere göre oldukça farklı olduğunu gözlemlemişlerdir. Ölçümlerde sedir panellerin temas açısı değerinin azaldığını ve ıslanabilirliğinin hava koşullarına bağlı olarak arttığını belirlemişlerdir. Çam panellerde ise erken yaşlandırma sürecinde temas açısı değerinin arttığını sonraki süreçte ise düzenli bir azalış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Diğer bir

çalışmada [325], yapay yaşlandırma koşullarında sekiz tropikal ağaç türünün, 600 saat süreyle ıslanabilirliğini incelemişlerdir. Sekiz ağaç türünün ıslanabilirliğinin çok farklı bulunduğunu raporlamışlardır. Bu türler arasındaki ıslanabilirlik farklılıklarını, yapay yaşlandırma koşulları sırasında odun yüzeyinde meydana gelen yapısal değişikliklere bağlı olduğunu belirtmişlerdir. [326] çalışmalarında, Kuzey Amerika ağaç türlerinden banks çamı (*Pinus banksiana*), titrek kavak (*Populus tremula*) ve huş ağacı (*Betula papyrifera*) odunlarına ısıtma işlemi uygulamışlardır. Odun örneklerine uygulanan yaşlandırma işleminin ıslanabilirlik üzerine etkisi yapısal ve kimyasal olarak incelenmiştir. Yaşlandırma işleminin, ısıtma işlemi uygulanmış üç odun türü üzerinde de su ile ıslanabilirliği arttırdığını belirtmişlerdir. Yapay hava koşullarında belirlenen ıslanabilirlikteki değişimin; ısıtma işlemi prosedürüne, ağaç türlerine ve odun yüzeylerinde meydana gelen yapısal ve kimyasal değişikliklerden kaynaklandığını raporlamışlardır. Elektron mikroskop ile görüntüleme sonucunda odun yüzeyinde oluşan çatlakların hava koşullarından meydana gelen bozulmaya bağlı olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun, suyun hücre duvarına daha kolay girmesine yol açtığı ve böylece ıslanabilirliği arttırdığını belirlemişlerdir. SEM analizine göre, odunun yapısal faktöründeki rolünün ısıtma işlemi sırasında gözlenen ıslanabilirlik değişimi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir. Yaşlandırma koşulları etkisinin muhtemel olarak odun yüzeyinin orta lamelinde meydana geldiği ve burada lignin konsantrasyonunun hücre duvarındakinden daha yüksek olduğunu, odun örneklerinin su ile yaptıkları yüzey temas açılarının, ısıtma işlemi görmüş tüm odun türleri için maksimum hasar derinliği arttıkça azaldığı ve hava koşullarına göre azalan temas açısı oranının odun türlerine göre farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. IR spektrum ölçümlerine göre, ligninin, diğer odun polimerlerine göre bozunma işlemine karşı daha hassas olduğunu ve yaşlandırma koşullarının hidrofobik lignin bileşenini diğerlerinden daha fazla bozduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak, yaşlandırma işleminin, selüloz oranının yüzeyde daha bol olmasını sağladığını, odun yüzeyindeki bu selüloz açısından zengin katmanın, hidroksil gruplarında artışa neden olduğunu, yaşlandırma koşullarına bağlı olarak kristalize selülozdan dönüştürülen amorf selülozun, serbest hidroksil gruplarını arttırdığını, bu durumda ıslanabilirlik artışına sebep olduğunu ifade etmişlerdir.

Çizelge 3.102'e göre, temas açısı değeri; ağaç malzeme türü - ısıtma işlemi faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşimde (ABCD), en yüksek tik yağı uygulanmış, yaşlandırılmamış, ısıtma işlemi yapılmamış akkavak odununda görülürken, en

düşük değer; su bazlı vernik uygulanmış, yaşlandırılmamış, 212 C° - 2 saat ısıtım işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir. Bu durum, su bazlı verniğin diğer vernik çeşitlerine kıyasla içerisinde daha az reçine barındırması, tiki yağının ise hidrofobik bir etki yaratması, yüksek sıcaklıktaki ısıtım işlemi de hidrofobiklik özelliği azaltması, düşük süreli yaşlandırmalarda temas açısı değerinin düşük çıkmasıyla açıklanabilir. Ayrıca, Amerikan dişbudak odununun gözenekli bir tekstür yapısına sahip olması ve içerisinde bulunan selülozun kristallenme artışından ötürü hidrofilik (suyu çeken) bir yüzey oluşturmasından kaynaklanmış olabileceği söylenebilir.

### 3.3. MEKANİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR

#### 3.3.1. Liflere Paralel Basınç Direncine İlişkin Bulgular

Isıtım işlemi görmüş Amerikan dişbudak, Avrupa kızılğacı, akkavak ve aksögüt odunlarında liflere paralel basınç direnci değerleri değişimi incelenerek farklılıklar tespit edilmiş, elde edilen ortalama değerler Çizelge 3.103’de verilmiştir.

Çizelge 3.103. Liflere paralel basınç direnci ölçümlerine ait ortalama değerler (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç malzeme türü	Isıtım işlemi	$\bar{X}$	S	$X_{min}$	$X_{max}$
Amerikan dişbudak	Isıtım işlemsiz	63,61	7,74	56,20	76,60
	190 °C - 1,5 saat	66,92	3,60	61,23	73,38
	212 °C - 2 saat	70,42	2,67	65,05	74,20
Avrupa kızılğacı	Isıtım işlemsiz	38,82	4,46	34,70	48,55
	190 °C - 1,5 saat	45,57	3,54	39,95	51,68
	212 °C - 2 saat	49,14	8,92	30,15	59,40
Akkavak	Isıtım işlemsiz	26,59	2,84	21,33	29,68
	190 °C - 1,5 saat	33,00	3,26	26,63	38,83
	212 °C - 2 saat	35,32	2,27	32,00	39,38
Aksögüt	Isıtım işlemsiz	27,46	2,22	23,53	31,40
	190 °C - 1,5 saat	30,70	2,01	26,88	34,58
	212 °C - 2 saat	39,61	4,11	33,95	45,18

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, S: Standart sapma,  $X_{min}$ : En küçük değer,  $X_{max}$ : En büyük değer

Liflere paralel basınç direnci değerleri, ağaç malzeme türü ve ısıtım işlemi periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.104’de verilmiştir.

Çizelge 3.104. Liflere paralel basınç direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç malzeme türü (A)	3	24344,162	8114,721	402,840	0,000*
Isıtım işlemi (B)	2	1806,349	903,175	44,836	0,000*
Etkileşim (AB)	6	175,258	29,210	1,450	0,202**
Error	108	2175,528	20,144		
Total	119	28501,298			

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

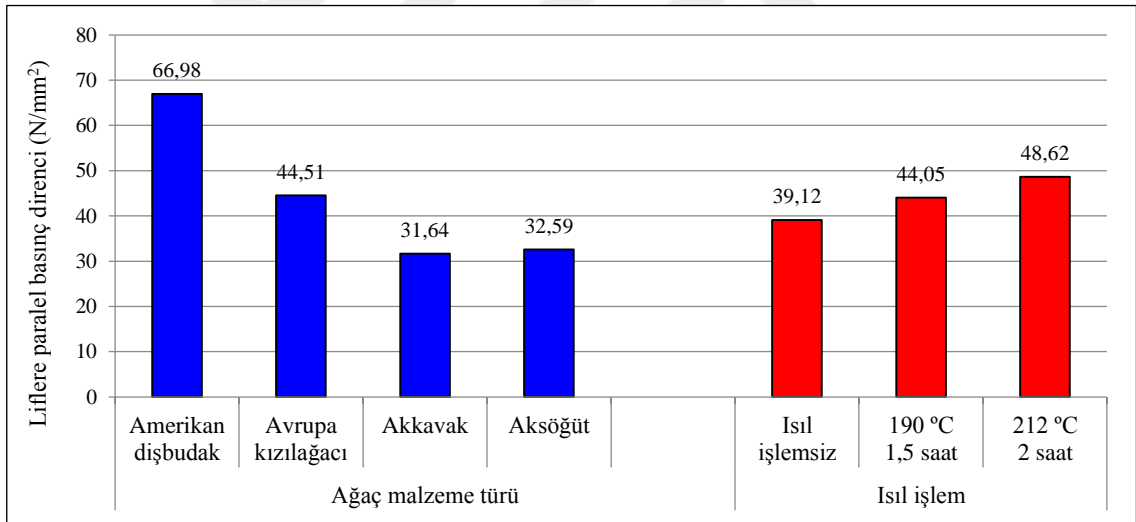
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç malzeme türü, ısıl işlem faktörleri anlamlı ( $\alpha=0,05$ ), bu faktörlerin karşılıklı etkileşimi (AB) ise önemsiz çıkmıştır.

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.105’de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.105. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ).

Faktör		$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	66,98	A*	LSD + 4,10662
	Avrupa kızılğacı	44,51	B	
	Akkavak	31,64	C	
	Aksögüt	32,59	C	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	39,12	C	LSD $\pm$ 3,95834
	190 °C - 1,5 saat	44,05	B	
	212 °C - 2 saat	48,62	A*	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, \*: En yüksek liflere paralel basınç direnci değeri



Şekil 3.17. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Liflere paralel basınç direnci değeri; ağaç malzeme düzeyinde; en yüksek Amerikan dişbudak odununda, en düşük, akkavak ve aksögüt odunlarında bulunmuştur. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek liflere paralel basınç direnci değeri 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında, en düşük değer ısıl işlemsiz uygulamada bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü karşılıklı etkileşimi (AB) ise istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır.

### 3.3.2. Liflere Paralel Basınç Direnci İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.105'e göre, liflere paralel basınç direnci değeri; ağaç malzeme türü düzeyinde, en yüksek Amerikan dişbudak odununda, en düşük değer ise akkavak ve aksöğüt odunlarında elde edilmiştir. Deneyleerde kullanılan ağaç türleri arasında en yüksek yoğunluk ( $0,68 \text{ gr/cm}^3$ ) değerine Amerikan dişbudak onunun sahip olmasının bu durumla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Literatürde [81], [52], ısıt işlemler uygulanmış ağaç malzemedede liflere paralel basınç direncinde artış kaydedildiği, bağılı su miktarındaki artışın ve hücre çeperinin polimerik bileşikleri arasındaki hidrojen bağlarının zayıflamasının direnç özelliklerini azalttığı, ayrıca hidrojen polimer bağlarıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Isıt işlemler görmüş odunun daha az higroskopik olduğu ve maksimum bağılı su miktarı azaldığı için ısıt işlemlerin direnç özelliklerine pozitif katkıda bulunabileceği belirtilmiştir [142]. Isıt işlemler sırasında odunda yüksek miktarda bulunan kristalin selülozun miktarı, amorf selülozun bozulmasına ve/veya kristalleşmesine bağılı olarak arttığı belirtilmiştir. Kristalin selüloz, önemli bir anizotropi özellik gösterdiğinden, ayrıca sert ve rijit yapısı dolayısı ile boylamsal yönde basınç direncinde gözlenen artışından sorumlu tutulabileceği söylenmiştir. Bununla birlikte, iki safhada gerçekleştirilen ısıt işlemlerden sonra kristalin selülozun artışındaki oranın oldukça küçük olduğu ve bu durumun basınç direnci üzerindeki etkisinin sınırlı olabileceği ifade edilmiştir [65], [75]. Boylamsal yöndeki basınç direncinin yüksek olmasının sebepleri arasında lignin polimer ağlarında görülen çapraz bağı sayısındaki artış söylenmiştir. Ligninin bir sertleştiricisi olarak, selüloz mikrofibrilleri/fibrilleri gibi hareket ettiği ve lignin polimerinde artan çapraz bağların, liflere dik olan hareketi önlemek veya sınırlamak amaçlı olduğu ifade edilmiştir. Aynı durumun liflere paralel basınç direnci sırasında da ortaya çıktığı bildirilmiştir [65], [327]. Liflere dik basınç direncinin (radyal ve teğet), liflere paralel (boyuna) basınç direncine göre çok daha düşük olduğu ifade edilmiştir. Bu durumun sebepleri arasında farklı tipteki bağlar, zincir eksenini boyunca uzanan kuvvetli ve sert bağlar ve enine yönlerde hareket eden zayıf ve yumuşak ikincil bağların gösterilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca kristalin selülozun mikro fibril açısı ve lignin polimer ağının oldukça düzenli bir yapıya sahip olması gibi odun içindeki polimer moleküllerinin dizilişindeki düzen, bu anizotropik farkın en temel sebebi olarak düşünüldüğü belirtilmiştir [65], [81].

Çizelge 3.105'e göre, liflere paralel basınç direnci değeri; ısıt işlemler düzeyinde, en yüksek  $212 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 2 saat ısıt işlemler görmüş örneklerde görülürken, en düşük ısıt işlemler

görmemiş örneklerde elde edilmiştir. Isıl işlem sıcaklığı arttıkça liflere paralel basınç direnci değerinin de arttığı görülmüştür.

Literatürde [139], [140], [142], ısıl işlem sıcaklığının artması ile birlikte liflere paralel basınç direncinin de arttığı bildirilmiştir. ThermoWood yöntemi kullanılarak kısa süreli (1 ve 2 saat gibi) ısıl işlem uygulamalarının liflere paralel basınç direncinde % 13 - 30 arasında artışların gerçekleştiği ifade edilmektedir. Bu artışlar, genellikle denge rutubet miktarlarındaki azalma, kristal selüloz oranındaki artış ve polimerik yapıda meydana gelen çapraz bağlanmalar ile açıklanmaktadır [55], [328]. Avrupa kayını, sarıçam ve Avrupa ladinini odun örneklerine, azot gazı (N<sub>2</sub>) ortamında yüksek sıcaklıklarda (190-245 °C) ve sürede (0,3-16 saat) ısıl işlem uygulanmış ve odunların mekanik davranışları incelenmişlerdir. Özellikle kayın ve ladin odunlarında, ağırlık kaybı % 5 civarında iken liflere paralel basınç direncinde artışlar tespit edilmiştir. Ancak ısıl işlemin ilerleyen safhalarında (ağırlık kaybının % 27' nin üzerine çıkması) basınç direnci azalma oranlarında önemli artışların olduğu bildirilmiştir [329]. Isıl işlem sonucu liflere paralel basınç direncinde meydana gelen değişikliklerin, hücre duvarındaki kayıplardan kaynaklanabileceği ve bunun uygulanan yüksek sıcaklıktan sonra oluşan hemiselüloz bozunması ile açıklanabileceği bildirilmiştir [30], [330]. Çeşitli ağaç türleri ile yapılan test sonuçlarına göre yüksek sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş örneklerde ısıl işlem görmemiş örneklere göre daha iyi liflere paralel basınç direnci değerleri elde edilmektedir. Üç saat süre ile 195 °C sıcaklıkta muamale edilmiş kerestede liflere paralel basınç direncinin ısıl işlem uygulanmamış keresteye göre yaklaşık % 30 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem uygulamasının liflere paralel basınç direnci üzerinde negatif bir etki yapmadığı, hatta yüksek sıcaklıklarda bile ısıl işlem görmemiş oduna göre daha iyi basınç direnci değerlerinin elde edildiği ifade edilmiştir [50]. Ağaç malzemedeki ısıl işlem neticesinde liflere paralel basınç direncindeki değişimlerden ısıl işlem sırasında meydana gelen fiziksel ve kimyasal oluşumlar sorumlu tutulmaktadır. Isıl işlem sonrasında odunun daha az higroskopik olması, bağlı su miktarındaki azalma, amorf selülozun kristalleşmesi ile kristal selüloz miktarının artması ve lignin polimer ağının çapraz bağlanmasındaki artış, liflere paralel basınç direncinin de artışına sebep olduğu belirtilmiştir [5]. Isıl işlem ile birlikte liflere paralel basınç direncinde uygulanan sıcaklıklarda meydana gelen artışın, muhtemelen selüloz ve ligninden kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir. Ayrıca; Isıl işlem, amorf selülozu bozundurmakta ve kristalleştirmekte, katı ve rijit bir yapıya sahip olan selülozun kristalimsi bölgelerinin

artmasıyla boyuna yönde basınç direncinin artmasına neden olduğu belirtilmektedir. Polimerin çapraz bağındaki artma, liflere paralel basınç yüklemesi boyunca meydana gelen liflere dik hareketleri önlediği veya sınırladığı ifade edilmiştir. Lignin polimer ağının çapraz bağlanmasındaki artışın orta lamel direncini artırmasında da etkili olduğu belirtilmiştir [144]. Yabani Kiraz odunu ile yapılan çalışmada [144], ısıtılardan sonra liflere paralel basınç direncinin değişimi ile ilgili belirtilen sonuçların aksine literatürdeki bazı çalışmalarda ısıtılardan sonucunda basınç direncinin % 2 ile % 32 oranında azaldığı belirtilmektedir [15], [29], [31], [127], [270], [331], [332]. Isıtılardan sonucunda liflere paralel basınç direncinde meydana gelen değişikliklerin, hücre duvarındaki kayıplardan kaynaklanabileceğini ve uygulanan yüksek sıcaklıktan sonra oluşan hemiselüloz bozunması ile açıklanabileceğini bildirmişlerdir [30], [330]. Isıtılardan sonrası lignin-hemiselüloz matrisinin yük paylaşım kapasitesini azaltan hemiselülozların degradasyonunun basınç dayanımı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir [65]. Dört farklı sıcaklık (130, 150, 180 ve 200°) ve üç farklı sürede (2, 6 ve 10 saat) ısıtılardan yapılan Doğu ladininde liflere paralel basınç direncinin genellikle azaldığı, bunun da hemiselülozların degradasyonundan meydana gelebileceği ifade edilmiştir [333]. Uzun ısıtılardan sürelerinin liflere paralel basınç direncini olumsuz etkilediği, artan ısıtılardan şartlarına bağlı olarak, ksilan (pentozan) oranlarında azalmalar meydana geldiği, kopan bağ sayılarında artışlar olduğu ve ağırlık kayıplarının arttığı ve bu durumun liflere paralel basınç direnci azalmalarını destekler nitelikte olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ısıtılardan işlemin gerçekleştirildiği ortamın, degradasyon reaksiyonlarını tetiklediği de ifade edilmiştir. Maksimum ısıtılardan sıcaklığının 190 °C, sürenin ise kısa (3 saat) alınmasının liflere paralel basınç direncindeki kayıpların kabul edilebilir seviyede tutulabileceğini gösterdiği bildirilmiştir [189].

### **3.3.3. Eğilme Direncine İlişkin Bulgular**

Isıtılardan işlem görmüş Amerikan dişbudak, Avrupa kızılacağı, akkavak ve aksöğüt odunlarında eğilme direnci değerleri değişimi incelenerek farklılıklar tespit edilmiş, elde edilen ortalama değerler Çizelge 3.106'da verilmiştir.

Çizelge 3.106. Eğilme direnci ölçümlerine ait ortalama değerler (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç malzeme türü	Isıl işlem	$\bar{X}$	S	X min	X max
Amerikan Dişbudak	Isıl işlemsiz	134,22	8,79	115,88	142,88
	190 °C - 1,5 saat	141,19	16,92	114,19	168,75
	212 °C - 2 saat	107,61	9,06	101,81	128,81
Avrupa kızılağacı	Isıl işlemsiz	85,31	2,76	82,12	89,44
	190 °C - 1,5 saat	87,24	3,73	83,25	92,25
	212 °C - 2 saat	64,07	7,45	53,44	80,44
Ak avak	Isıl işlemsiz	58,63	5,72	50,06	65,81
	190 °C - 1,5 saat	69,86	5,02	61,88	78,19
	212 °C - 2 saat	56,61	4,67	50,06	64,69
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	64,41	3,37	60,19	71,44
	190 °C - 1,5 saat	70,47	8,59	56,81	86,06
	212 °C - 2 saat	49,60	9,01	43,22	65,81

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, X min: En küçük değer, X max: En büyük değer

Eğilme direnci değerleri, ağaç malzeme türü ve ısıl işlem periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.107’de verilmiştir.

Çizelge 3.107. Eğilme direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç malzeme türü (A)	3	87828,537	29276,179	457,215	0,000*
Isıl işlem (B)	2	10941,583	5470,791	85,439	0,000*
Etkileşim (AB)	6	1971,302	328,550	5,131	0,000*
Error	108	6915,410	64,032		
Total	119	107656,832			

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

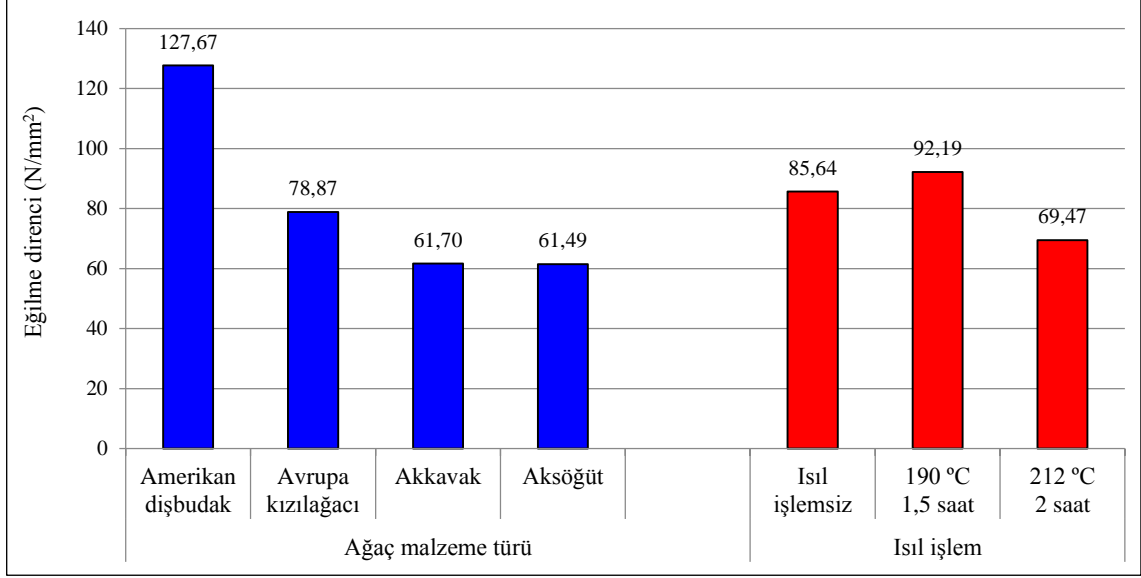
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç malzeme türü, ısıl işlem ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimi anlamlı çıkmıştır ( $\alpha=0,05$ ).

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.108’de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.108. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Faktör	$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	127,67	A*
	Avrupa kızılağacı	78,87	B
	Akkavak	61,70	C
	Aksöğüt	61,49	C
LSD + 14,81579			
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	85,64	B
	190 °C - 1,5 saat	92,19	A*
	212 °C - 2 saat	69,47	C
LSD ± 2,397680			

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek eğilme direnci değeri



Şekil 3.18. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Eğilme direnci değeri; ağaç malzeme düzeyinde, en yüksek Amerikan dişbudak odununda, en düşük değer akkavak ve aksöğüt odunlarında elde edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek eğilme direnci değeri 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem uygulamasında, en düşük 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında tespit edilmiştir.

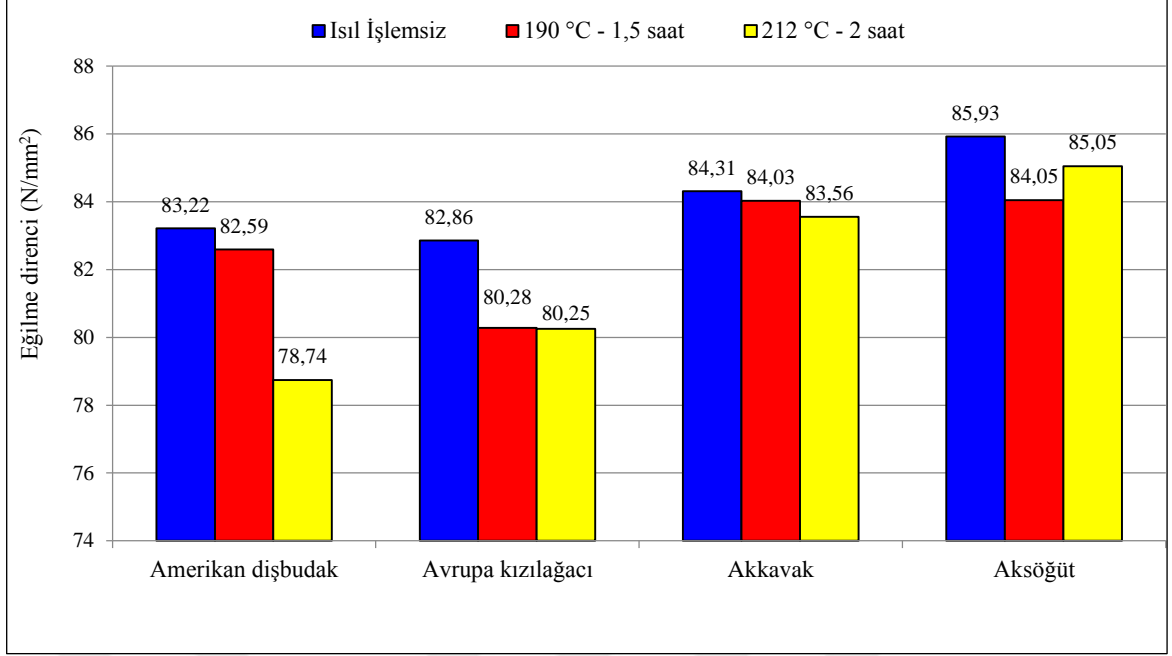
Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.109'da verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.109. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait eğilme direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Faktör AB**	Isıl işlemsiz		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	83,22	ABC	82,59	BC	78,74	D
Avrupa kızılğacı	82,86	ABC	80,28	CD	80,25	CD
Akkavak	84,31	AB	84,03	AB	83,56	AB
Aksöğüt	85,93	A*	84,05	AB	85,05	AB
LSD $\pm$ 2,87987						

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek eğilme direnci değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem



Şekil 3.19. Ağaç malzeme türü - ısıtım işlemi ikili etkileşimine ait eğilme direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Eğilme direnci değeri; ağaç malzeme türü - ısıtım işlemi etkileşiminde, en yüksek ısıtım işlemsiz aksöğüt odununda elde edilirken, en düşük; 212 °C'de 2 saat ısıtım işlemi görmüş Amerikan dişbudak odununda bulunmuştur.

### 3.3.4. Eğilme Direnci İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.108'e göre, eğilme direnci değeri; ağaç malzeme türü düzeyinde, en yüksek Amerikan dişbudak odununda, en düşük değer ise akkavak ve aksöğüt odunlarında elde edilmiştir. Amerikan dişbudak odunu eğilme direnci değerinin yüksek çıkmasının sebebinin, diğer odun türlerine kıyasla en yüksek yoğunluk değerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Akkavak ve aksöğüt odunlarının eğilme dirençlerinin düşük çıkmasının sebebi ise, yoğunluk değerlerinin Amerikan dişbudak odununa kıyasla çok daha düşük olmasından kaynaklandığı, eğilme direnci ile ağaç malzemenin yoğunluğu arasında kuvvetli bir bağın olabileceği düşünülmektedir.

Odunun direnç özellikleri üzerine, hücre duvarının (selüloz, hemiselüloz ve lignin) ana polimerik bileşenlerinin farklı derecelerde katkıda buldukları belirtilmiştir. Odunun iç gerilme ve yükleri ile ilgili olarak, mekanik özelliklerin açıkça kimyasal bağ kuvvetinin işlevleri olduğu öne sürülmüştür. Bu bağlar kovalent ve hidrojen intrapolimer bağları olup, bunların (moleküler seviye); kovalent ve hidrojen interpolimer bağları ve hücre duvarı tabakası bağları (mikroskobik seviye); ve yapıştırıcı etkisi olan (makroskobik

seviye) orta lamel ile elyaf bağları olduğu bildirilmiştir [81]. Eğilme direncinin azalması ile hemiselülozun bozunması arasında bir ilişki olduğu belirtilmiş ve odunun en termal-kimyasal olarak hassas bileşeni olan hemiselülozun içeriği ve yapısındaki değişikliklerin eğilme direncindeki kayıplardan sorumlu olduğu öne sürülmüştür [27], [65], [254], [327], [334], [335]. Odunda bulunan iç gerilmelerin dağılımına da katkıda bulunabilecek olan hemiselülozların ve mikrofibrillerin birbirine karışmasıyla (moleküler düzeyde fiziksel dolanma) yakından ilişkili olduğu ileri sürülmüştür [336]. Eğilme direnci testinde, örneklere hata oluşuncaya kadar birkaç dakika boyunca artan bir kuvvetle yüklenilmiştir. Eğilme direnci testi sırasında ortaya çıkan iç gerilmelerin; basınç gerilmesinin (numunelerin üst tarafı), çekme gerilmesinin (numunelerin alt tarafı) ve makaslama gerilmesinin (numunelerin ortası) birleşimi olduğu ifade edilmiştir. Yapılan testler sonucunda ise, ısıtılardan sonra sarıçam odunu örneklerinin basınç direnci ve makaslama direncindeki azalmanın oldukça büyük olmasına rağmen, eğilme direnci değerlerinde sadece hafif bir düşüş gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu nedenle, birincil stres tipinin eğilme mukavemeti üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu vurgulanmıştır [65]. Odun liflerinin kompozit bir malzeme olarak kabul edilebileceği ve tek bir mikro fibril veya bir grup mikrofibrilin tüm odun lifinin gücünü tamamen açıklayamayacağı belirtilmiştir. Selüloz mikrofibrilleri ve lignin hemiselülozlar matrisi arasındaki kimyasal - mekanik bağlantıların, mikrofibriller arasında yük paylaşımına izin verdiği bildirilmiştir. Selüloz mikrofibrilleri ve lignin hemiselülozlar bölünmeden hareket ederse, iç streslerin hücre duvarı boyunca ve tüm lif boyunca dağıtılabileceği öne sürülmektedir [327].

Çizelge 3.108'e göre, eğilme direnci değeri; ısıtıl işlem düzeyinde, en yüksek 190 °C - 1,5 saat ısıtıl işlem uygulamasında, en düşük 212 °C - 2 saat ısıtıl işlem uygulamasında bulunmuştur. Düşük sıcaklıktaki ısıtıl işlem uygulamasında (190 °C - 1,5 saat) eğilme direncinin ısıtıl işlemsiz deney örneklerine göre % 8 oranında arttığı, ancak yüksek sıcaklığa gelindiğinde (212 °C - 2 saat) bu değerin % 19 oranında düştüğü görülmüştür. Literatürde [337], [338], eğilme direncinde tespit edilen düşüşün sebeplerini, işlenecek odunun türüne, ısıtıl işlemde ulaşılan maksimum sıcaklığa ve bu sıcaklıktaki bekleme süresine bağlı olduğu ifade edilmiştir. Birçok çalışmada [6], [140], [338], [339], [340]; ısıtıl işlem uygulanmış odunda eğilme direncinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 200 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda uygulanan ısıtıl işlemin odunun eğilme direncindeki kayıpları arttırdığı belirtilmiştir [86]. Monteri çamı (*Pinus radiata*) odununa

ısıtım işlem uygulandıktan sonra % 63 bağımlı nemde koşullandırılmış ve eğilme direncinin anlaşılır biçimde azaldığı gözlemlenmiştir [65]. 150, 170 ve 190 °C sıcaklıklarda 4, 6 ve 8 saat süreyle ısıtım işlem uygulanan sarıçam odununda, mekanik dirençler arasında ısıtım işlem uygulamasından en fazla eğilme direncinin etkilendiğı belirtilmiştir [139]. Eğilme direncindeki azalma üzerine ısıtım işlem süresinden daha ziyade sıcaklığın etkili olduğı söylenebilir [144]. ThermoWood metodu ile ısıtım işlem uygulanmış çam örneklerinde eğilme direncinde sıcaklığın artışı ile birlikte eğilme direncinin azaldığı, 220 °C üzerinde eğilme direncinde önemli kayıplar olduğı bildirilmiştir [341]. Yapılan bazı çalışmalarda [139], [141], [181], [256], [342]-[346] benzer sonuçlar bulunmuştur.

Çizelge 3.109'a göre, eğilme direnci değeri; ağaç malzeme türü - ısıtım işlem düzeyinde yapılan etkileşimde, en yüksek ısıtım işlemsiz aksöğüt odununda elde edilirken, en düşük; 212 °C'de 2 saat ısıtım işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda elde edilmiştir. En düşük eğilme direnci değeri 212 °C'de 2 saat ısıtım işleme tabi tutulmuş örneklerde görülmesi, 190 °C'de 1,5 saat ısıtım uygulamasından sonraki aşamada ani düşüşe geçmesiyle beklenen bir durum olduğı söylenebilir.

### 3.3.5. Dinamik Eğilme (Şok) Direncine İlişkin Bulgular

Isıtım işlem görmüş Amerikan dişbudak, Avrupa kızılğacı, akkavak ve aksöğüt odunlarında dinamik eğilme direnci değeri değişimi incelenerek farklılıklar tespit edilmiş, elde edilen ortalama değeri Çizelge 3.110'da verilmiştir.

Çizelge 3.110. Dinamik eğilme direnci ölçümlerine ait ortalama değeri (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç Malzeme Türü	Isıtım işlem	$\bar{X}$	S	X min	X max
Amerikan dişbudak	Isıtım işlemsiz	4,46	0,61	3,30	5,40
	190 °C - 1,5 saat	3,54	2,04	1,30	6,50
	212 °C - 2 saat	1,70	0,67	0,80	3,20
Avrupa kızılğacı	Isıtım işlemsiz	1,68	0,28	1,10	2,10
	190 °C - 1,5 saat	1,19	0,10	1,00	1,30
	212 °C - 2 saat	1,00	0,42	0,30	1,50
Akkavak	Isıtım işlemsiz	1,71	0,39	1,30	2,50
	190 °C - 1,5 saat	0,96	0,19	0,70	1,30
	212 °C - 2 saat	0,86	0,29	0,40	1,30
Aksöğüt	Isıtım işlemsiz	2,16	0,51	1,60	3,00
	190 °C - 1,5 saat	1,38	0,45	0,50	1,90
	212 °C - 2 saat	0,37	0,14	0,20	0,60

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, X min: En küçük değeri, X max: En büyük değeri

Dinamik eğilme direnci değeri, ağaç malzeme türü ve ısıtım işlem periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla

Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.111’de verilmiştir.

Çizelge 3.111. Dinamik eğilme direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç malzeme türü (A)	3	88,168	29,389	58,929	0,000*
Isıl işlem (B)	2	46,120	23,060	46,238	0,000*
Etkileşim (AB)	6	16,174	2,696	5,405	0,000*
Error	108	53,862	0,499		
Total	119	204,325			

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

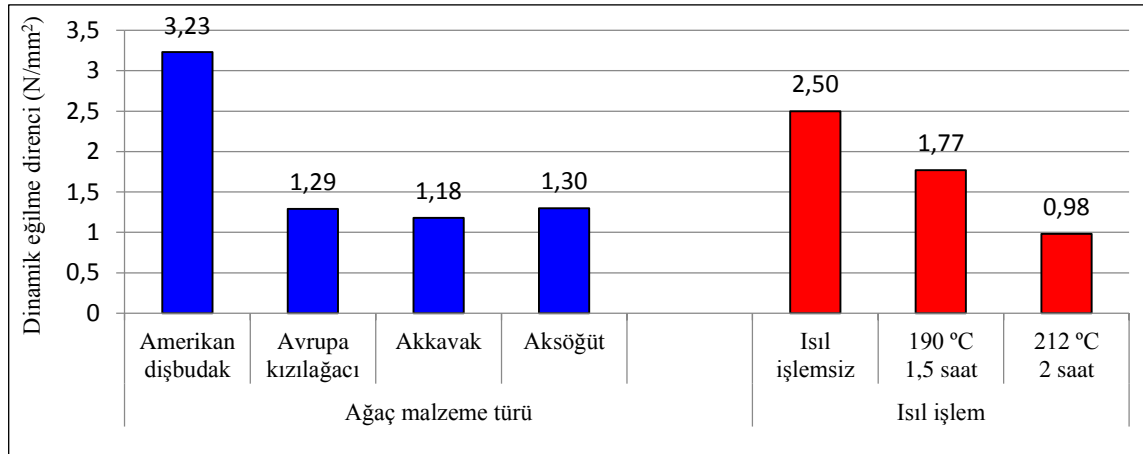
Varyans analiz sonucuna göre, ağaç malzeme türü, ısıl işlem ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimi anlamlı çıkmıştır ( $\alpha=0,05$ ).

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.112’de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.112. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde dinamik eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ).

Faktör		$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	3,23	A*	LSD + 1,48731
	Avrupa kızılbaş	1,29	B	
	Akkavak	1,18	B	
	Aksöğüt	1,30	B	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	2,50	A*	LSD $\pm$ 0,10106
	190 °C - 1,5 saat	1,77	B	
	212 °C - 2 saat	0,98	C	

X: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek dinamik eğilme direnci değeri



Şekil 3.20. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde dinamik eğilme direnci değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Dinamik eğilme direnci değeri; ağaç malzeme düzeyinde; en yüksek Amerikan dişbudak odununda görülürken, diğer ağaç malzeme türlerinde aynı sonuç elde edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek eğilme direnci değeri ısıl işlemsiz uygulamada, en düşük değer ise 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.113’de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.21’de gösterilmiştir.

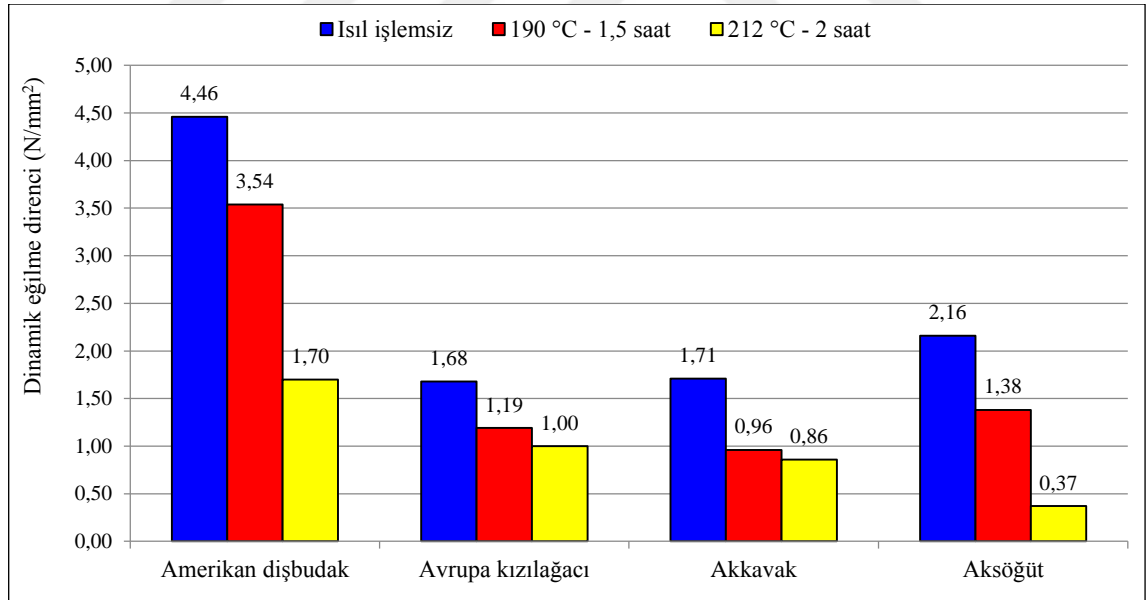
Çizelge 3.113. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait dinamik eğilme direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Faktör AB**	Isıl işlemsiz		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	4,46	A*	3,54	B	1,70	CD
Avrupa kızılacağı	1,68	CDE	1,19	DEF	1,00	EFG
Akkavak	1,71	CD	0,96	FG	0,86	FG
Aksöğüt	2,16	C	1,38	DEF	0,37	G

LSD  $\pm$  0,23628

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek dinamik eğilme direnci değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem



Şekil 3.21. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem ikili etkileşimine ait dinamik eğilme direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Dinamik eğilme direnci değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşiminde, en yüksek ısıl işlemsiz Amerikan dişbudakta, en düşük; 212 °C’de 2 saat ısıl işlem uygulanmış aksöğüt odununda bulunmuştur.

### 3.3.6. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.112'ye göre, dinamik eğilme direnci değeri; ağaç malzeme türü düzeyinde, en yüksek Amerikan dışbudak odununda elde edilmiştir. Diğer odun türleri ise, en düşük değer olarak aynı grup içerisinde yer almıştır.

Dinamik eğilme direnci deneyi esnasında oluşan makaslama etkisinin en büyük etkenlerden biri olduğu, bu kırılmanın muhtemel sebebinin ise lignin bozulmasından kaynaklandığı belirtilmiştir [129], [341]. Hemiselülozlar odunun en hassas termal ve kimyasal bileşeni olduğundan, dinamik eğilme direncinin azalması ile hemiselülozun bozunması arasında bir ilişki olduğu düşünülmektedir [27], [65], [83],[89], [334], [347].

[89] çalışmalarında; şok direncinin azalmasında en önemli faktörün hemiselüloz bozunması olduğunu, selüloz ve hemiselüloz arasındaki etkileşim ikincil bağlara dayandırıldığı için şok direncini ikincil bağların belirlediğini, şok direnci değerinin azalmasındaki diğer önemli etkenlerin başında, ısı işlem süresince hemiselüloz ve lignin arasındaki kovalent bağların kırılması ile aynı zamanda selüloz mikrofibril/fibrilleri içinde yer alan kovalent bağlarındaki (depolimerizasyon) kırılmaların geldiğini ve amorf selülozun kristalleşme ve/veya bozunması sebebiyle kristalimsi selüloz miktarındaki artma şok direnci üzerine negatif bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 3.112'ye göre, dinamik eğilme direnci değeri; ısı işlem düzeyinde, en yüksek ısı işlem yapılmış kontrol örneklerinde, en düşük değer 212 °C - 2 saat ısı işlem uygulamasında elde edilmiştir. Isı işlem sıcaklığı arttıkça dinamik eğilme direnci değerinin azaldığı görülmektedir.

Liflere dik yönde kırılan hücre çeperleri, özellikle odunu daha kırılğan yapan amorf selülozun kristalleşmesi ve karbonhidratların bozunması gibi odun ana bileşenlerindeki değişimler bu durumun ana sebebi olarak düşünülmektedir [7].

[129] çalışmalarında; dinamik eğilme deneyi uygulanan, 185 °C'de 2 saat süre ile ısı işlem görmüş huş odunu deney örneklerinin, ısı işlem görmemiş deney örneklerine kıyasla aralarında çok küçük fark tespit etmişlerdir.

Sarıçam odununa 110 °C, 130 °C, 150 °C ve 170 °C' lerde 2, 4, 6 saatlik ısı işlem uygulanan örneklerde en yüksek dinamik eğilme direnci kontrol deney örneklerinde tespit edilmiştir [348]. 220 °C'de 3 saat ısı işlem uygulamasında şok direncinin ısı işlem uygulanmamış oduna nazaran % 25 azaldığı tespit edilmiştir [341]. Isı işlem

görmüş *E. grandis* odununda dinamik eğilme direncinin mekanik özellikler arasında diğerlerine göre en fazla etkilenen direnç olduğu, ısıtım işlem görmüş odundaki dinamik eğilme direncinin kontrol örneklerine göre % 54 oranında az direnç gösterdiği bildirilmiştir [349]. 150 - 200 °C sıcaklıklarda 1, 3, 5, 10 ve 20 saat süreyle ısıtım işlem uygulanan *Chamaecyparis obtusa* ve *Fagus crenata* odunu deney örneklerine dinamik eğilme direnci uygulanmıştır. [132] çalışmalarında; 150 °C’de 5 saat, 200 °C’de 1 saat ve 200 °C’de 5 saatlik uygulamaların, ısıtım işleme tabi tutulmamış kontrol örneklerine göre % 50 direnç değerlerinde azalma görüldüğü ifade etmişlerdir.

Çizelge 3.113’e göre, dinamik eğilme direnci değeri; ağaç malzeme türü - ısıtım işlem düzeyinde yapılan etkileşimde (AB), en yüksek ısıtım işlemsiz Amerikan dişbudak odununda elde edilirken, en düşük; 212 °C’de 2 saat ısıtım işlem uygulanmış aksöğüt odununda elde edilmiştir. Burada, Amerikan dişbudak odununun dinamik eğilme direnci değerinin yüksek çıkması sebebinin, diğer odun türleri arasında en yüksek yoğunluk değerine sahip olmasından kaynaklandığı ifade edilebilir. ısıtım işlem uygulaması, dinamik eğilme direncini düşürdüğünden dolayı, ısıtım işlemsiz deney kontrol örneklerinin yüksek değer verdiği düşünülmektedir.

### **3.3.7. Yüzeye Yapışma Direnci İle İlgili Bulgular**

Farklı vernik çeşitleri uygulanarak yaşlandırmaya tabi tutulan ısıtım işlem görmüş örneklerde, verniklerin yüzeye yapışma direnci değerleri tespit edilmiştir. Tik yağında yüzeyde katman oluşmadığından beklenen sonuç alınamamıştır. Elde edilen ortalama yüzeye yapışma direnci değerleri Çizelge 3.114’de verilmiştir.

Çizelge 3.114. Yüzeze yapışma direnci ölçümlerine ait ortalama değerler (MPa).

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu			
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat
Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{X}$	3,25	2,70	1,94	1,83
			$S$	0,35	0,16	0,23	0,09
			$X_{min}$	2,62	2,54	1,68	1,69
			$X_{max}$	3,68	2,96	2,32	1,99
		Su bazlı	$\bar{X}$	3,02	2,83	2,33	2,28
			$S$	0,51	0,70	0,19	0,26
			$X_{min}$	2,39	2,14	1,95	1,88
			$X_{max}$	3,99	4,58	2,67	2,66
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{X}$	4,00	2,61	2,59	2,58
			$S$	0,58	0,22	0,50	0,18
			$X_{min}$	2,87	2,36	2,10	2,16
			$X_{max}$	4,89	2,96	3,84	2,77
		Su bazlı	$\bar{X}$	3,17	2,54	2,45	2,23
			$S$	0,65	0,32	0,58	0,73
			$X_{min}$	2,24	1,99	1,39	1,39
			$X_{max}$	4,41	3,12	3,79	3,52
	212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{X}$	2,44	2,40	1,88	1,82
			$S$	0,31	0,70	0,14	0,33
			$X_{min}$	2,04	1,49	1,67	1,19
			$X_{max}$	3,08	3,48	2,04	2,44
		Su bazlı	$\bar{X}$	4,78	2,15	1,76	1,41
			$S$	0,55	0,36	0,43	0,39
			$X_{min}$	3,57	1,78	0,93	0,67
			$X_{max}$	5,44	2,88	2,33	2,10
Avrupa kızılğacı	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{X}$	2,96	2,17	1,98	1,68
			$S$	0,78	0,29	0,61	0,25
			$X_{min}$	1,77	1,71	1,27	1,28
			$X_{max}$	4,13	2,66	3,10	2,04
		Su bazlı	$\bar{X}$	2,15	2,03	1,97	1,91
			$S$	0,24	0,21	0,38	0,16
			$X_{min}$	1,75	1,64	1,28	1,67
			$X_{max}$	2,42	2,35	2,82	2,27
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$\bar{X}$	2,60	2,57	2,03	1,80
			$S$	0,51	0,66	0,24	0,43
			$X_{min}$	2,04	1,86	1,78	1,18
			$X_{max}$	3,55	3,68	2,50	2,68
		Su bazlı	$\bar{X}$	3,81	2,41	1,92	1,60
			$S$	0,96	0,20	0,34	0,29
			$X_{min}$	2,04	2,13	1,56	1,26
			$X_{max}$	5,30	2,87	2,65	2,33
	212 °C 2 saat	Sentetik	$\bar{X}$	3,88	2,38	1,89	1,70
			$S$	0,14	0,51	0,30	0,21
			$X_{min}$	3,62	1,57	1,43	1,32
			$X_{max}$	4,07	3,30	2,44	2,01
		Su bazlı	$\bar{X}$	1,70	1,60	1,58	1,50
			$S$	0,17	0,16	0,29	0,34
			$X_{min}$	1,43	1,39	1,20	1,04
			$X_{max}$	1,91	1,89	2,00	1,95
Akkavak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$\bar{X}$	2,35	2,21	2,02	1,98
			$S$	0,36	0,57	1,09	0,15

Çizelge 3.114. (devam). Yüzeze yapışma direnci ölçümlerine ait ortalama değerler (MPa).

Ağaç Malzeme Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Ortalama	Yaşlandırma Periyodu				
				Kontrol	144 Saat	288 Saat	432 Saat	
Akkavak	Isıl işlemsiz	Sentetik	$X_{min}$	2,00	1,23	1,03	1,76	
			$X_{max}$	3,01	3,39	4,84	2,22	
		Su bazlı	$\bar{X}$	3,94	2,08	2,04	1,93	
			$S$	0,71	0,29	0,21	0,25	
			$X_{min}$	2,73	1,46	1,84	1,56	
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$X_{max}$	5,37	2,50	2,45	2,39	
			$\bar{X}$	2,70	2,68	1,64	1,46	
			$S$	0,83	0,37	0,25	0,24	
			$X_{min}$	1,35	1,89	1,24	1,23	
		Su bazlı	$X_{max}$	4,06	3,30	2,09	1,82	
			$\bar{X}$	1,97	1,84	1,83	1,80	
			$S$	0,22	0,18	0,21	0,17	
			$X_{min}$	1,67	1,52	1,33	1,50	
		212 °C 2 saat	Sentetik	$X_{max}$	2,29	2,10	2,02	2,10
				$\bar{X}$	3,25	2,70	1,94	1,83
				$S$	0,35	0,16	0,23	0,09
				$X_{min}$	2,62	2,54	1,68	1,69
			Su Bazlı	$X_{max}$	3,68	2,96	2,32	1,99
				$\bar{X}$	3,02	2,83	2,33	2,28
				$S$	0,51	0,70	0,19	0,26
$X_{min}$	2,39			2,14	1,95	1,88		
$X_{max}$	3,99			4,58	2,67	2,66		
$\bar{X}$	4,00			2,61	2,59	2,58		
Aksöğüt	Isıl işlemsiz	Sentetik	$S$	0,58	0,22	0,50	0,18	
			$X_{min}$	2,87	2,36	2,10	2,16	
			$X_{max}$	4,89	2,96	3,84	2,77	
			$\bar{X}$	3,17	2,54	2,45	2,23	
		Su bazlı	$S$	0,65	0,32	0,58	0,73	
			$X_{min}$	2,24	1,99	1,39	1,39	
			$X_{max}$	4,41	3,12	3,79	3,52	
			$\bar{X}$	2,44	2,40	1,88	1,82	
	190 °C 1,5 saat	Sentetik	$S$	0,31	0,70	0,14	0,33	
			$X_{min}$	2,04	1,49	1,67	1,19	
			$X_{max}$	3,08	3,48	2,04	2,44	
			$\bar{X}$	4,78	2,15	1,76	1,41	
		Su bazlı	$S$	0,55	0,36	0,43	0,39	
			$X_{min}$	3,57	1,78	0,93	0,67	
			$X_{max}$	5,44	2,88	2,33	2,10	
			$\bar{X}$	2,96	2,17	1,98	1,68	
	212 °C 2 saat	Sentetik	$S$	0,78	0,29	0,61	0,25	
			$X_{min}$	1,77	1,71	1,27	1,28	
			$X_{max}$	4,13	2,66	3,10	2,04	
			$\bar{X}$	2,15	2,03	1,97	1,91	
Su bazlı		$S$	0,24	0,21	0,38	0,16		
		$X_{min}$	1,75	1,64	1,28	1,67		
		$X_{max}$	2,42	2,35	2,82	2,27		
		$\bar{X}$	2,96	2,17	1,98	1,68		

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama,  $S$ : Standart sapma,  $X_{min}$ : En küçük değer,  $X_{max}$ : En büyük değer

Yüzeye yapışma direnci, ağaç malzeme türü, ısıl işlem periyodu, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.115’de verilmiştir.

Çizelge 3.115. Yüzeye yapışma direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
Ağaç türü (A)	3	39,936	13,312	66,115	0,000*
Isıl işlem (B)	2	15,391	7,695	38,220	0,000*
Vernik çeşidi (C)	1	16,967	16,967	84,269	0,000*
Yaşlandırma periyodu (D)	3	148,664	49,555	246,120	0,000*
Etkileşim (AB)	6	23,127	3,855	19,144	0,000*
Etkileşim (AC)	3	0,807	0,269	1,335	0,262**
Etkileşim (AD)	9	4,058	0,451	2,239	0,000*
Etkileşim (BC)	2	3,924	1,962	9,744	0,000*
Etkileşim (BD)	6	22,524	3,754	18,645	0,000*
Etkileşim (CD)	3	25,079	8,360	41,519	0,000*
Etkileşim (ABC)	6	4,454	0,742	3,687	0,000*
Etkileşim (ABD)	18	14,603	0,811	4,029	0,000*
Etkileşim (ACD)	9	16,700	1,856	9,216	0,000*
Etkileşim (BCD)	6	9,466	1,578	7,836	0,000*
Etkileşim (ABCD)	18	14,359	0,798	3,962	0,000*
Error	864	173,960	0,201		
Total	959	534,017			

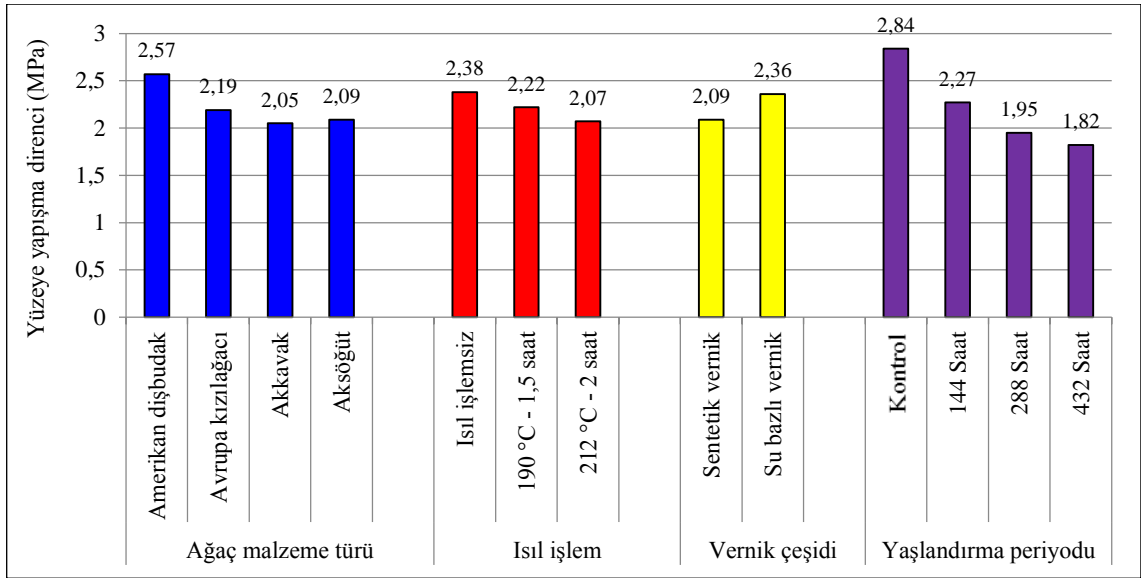
\*: Anlamlı ( $\alpha \leq 0,05$ 'e göre), \*\*: Önemsiz

Varyans analiz sonucuna göre, ağaç malzeme türü, vernik çeşidi, ısıl işlem ve yaşlandırma periyodunun yüzeye yapışma direncine etkileri istatiki düzeyde anlamlı çıkmıştır ( $\alpha=0,05$ ). Anlamlı çıkanlarda LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.116’de verilmiş olup, bu değerlere ait grafik ise Şekil 3.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.116. Ağaç malzeme türü, vernik çeşidi, ısıl işlem ve yaşlandırma periyodunun yüzeye yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör		$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	2,57	A*	LSD $\pm$ 0,02382
	Avrupa kızılacağı	2,19	B	
	Akkavak	2,05	C	
	Aksöğüt	2,09	C	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	2,38	A*	LSD $\pm$ 0,01192
	190 °C - 1,5 saat	2,22	B	
	212 °C - 2 saat	2,07	C	
Vernik çeşidi	Sentetik Vernik	2,09	B	LSD $\pm$ 0,02147
	Su bazlı vernik	2,36	A*	
Yaşlandırma periyodu	Kontrol	2,84	A*	LSD $\pm$ 0,08867
	144 Saat	2,27	B	
	288 Saat	1,95	C	
	432 Saat	1,82	D	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri



Şekil 3.22. Ağaç malzeme türü, ısı işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yüzeye yapışma direnci değerlerine ait karşılaştırma sonuçları.

Yüzeye yapışma direnci değeri; ağaç malzeme düzeyinde; en yüksek Amerikan dişbudak odununda, en düşük akkavak ve aksöğüt odunlarında elde edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde; en yüksek ısı işlemsiz örneklerde, en düşük 212 °C - 2 saat ısı işlemli örneklerde görülmüştür. Vernik çeşidi düzeyinde; en yüksek su bazlı vernikte, en düşük sentetik vernikte tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodunda; en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 432 saatlik yaşlandırma periyodunda bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - ısı işlem etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.117'de verilmiştir.

Çizelge 3.117. Ağaç malzeme türü - ısı işlem etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör AB**	Isıl işlemsiz		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	2,52	AB	2,62	A*	2,55	AB
Avrupa kızılğacı	2,33	BC	2,08	DE	2,14	CDE
Akkavak	2,34	BC	2,24	CD	1,56	F
Aksöğüt	2,32	BC	1,95	E	2,01	DE
LSD $\pm$ 0,01195						

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem

Yüzeye yapışma direnci değeri; ağaç malzeme türü - ısı işlem etkileşiminde, en yüksek 190 °C - 1,5 saat ısı işlem görmüş Amerikan dişbudakta, en düşük; 212 °C - 2 saat ısı işlem görmüş akkavak örneklerinde bulunmuştur.

Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi etkileşimi arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu ikili etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.118’de verilmiştir.

Çizelge 3.118. Ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör AD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	3,27	A*	2,63	C	2,23	D	2,14	D
Avrupa kızılalağacı	2,90	B	2,21	D	1,90	E	1,74	EF
Akkavak	2,65	C	2,12	D	1,80	EF	1,62	F
Aksöğüt	2,55	C	2,14	D	1,89	E	1,79	EF
LSD $\pm$ 0,01613								

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, D: Yaşlandırma periyodu

Yüzeye yapışma direnci; ağaç malzeme türü - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek kontrol örneğinde, Amerikan dişbudak odununda, en düşük; 432 saat yaşlandırma periyodundaki akkavak odununda bulunmuştur.

Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.119’da verilmiştir.

Çizelge 3.119. Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör BC**	Sentetik vernik		Su bazlı vernik	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Isıl işlemsiz	2,24	B	2,52	A*
190 °C - 1,5 saat	2,02	C	2,43	A*
212 °C - 2 saat	2,02	C	2,12	BC
LSD $\pm$ 0,04299				

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, \*\*: B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi

Yüzeye yapışma direnci değeri; ısıl işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, su bazlı vernik uygulanmış ısıl işlemsiz ve 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem uygulanmış örneklerde, en düşük; sentetik vernik uygulanmış 190 °C - 1,5 saat ve 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamalarında bulunmuştur.

Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.120’de verilmiştir.

Çizelge 3.120. Isıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör BD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Isıl işlemsiz	3,27	A*	2,42	C	1,99	DE	1,83	E
190 °C - 1,5 saat	2,89	B	2,31	C	1,91	DE	1,79	E
212 °C - 2 saat	2,37	C	2,10	D	1,96	DE	1,84	E
LSD $\pm$ 0,11634								

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri  
 \*\*: B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Yüzeye yapışma direnci değeri; ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek kontrol grubunda, ısıl işlemsiz örneklerde, en düşük; 432 saat yaşlandırma periyodunda, tüm ısıl işlem uygulamalarında bulunmuştur.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.121'de verilmiştir.

Çizelge 3.121. Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör CD**	Yaşlandırma periyodu							
	Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Sentetik vernik	2,43	B	2,21	C	1,91	DE	1,81	E
Su bazlı vernik	3,25	A*	2,34	BC	2,08	D	1,83	E
LSD $\pm$ 0,21154								

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri  
 \*\*: C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Yüzeye yapışma direnci değeri; vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek su bazlı vernik uygulanmış kontrol örneğinde, en düşük; sentetik ve su bazlı vernik uygulamalarındaki 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş örneklerde elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.122'de verilmiştir.

Çizelge 3.122. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör ABC**		Sentetik vernik		Su bazlı vernik	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıt işlemsiz	2,43	BCDEF	2,61	B
	190 °C - 1,5 saat	2,30	BCDEFG	2,94	A*
	212 °C - 2 saat	2,59	BC	2,51	BCDE
Avrupa kızılğacı	Isıt işlemsiz	2,13	FGH	2,52	BCD
	190 °C - 1,5 saat	1,97	GHI	2,20	DEFGH
	212 °C - 2 saat	2,01	GHI	2,28	BCDEFG
Akkavak	Isıt işlemsiz	2,25	CDEFG	2,43	BCDEF
	190 °C - 1,5 saat	2,03	GHI	2,46	BCDEF
	212 °C - 2 saat	1,60	IJ	1,52	J
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	2,14	FGH	2,50	BCDE
	190 °C - 1,5 saat	1,77	IİJ	2,12	FGH
	212 °C - 2 saat	1,86	HIİ	2,17	EFGH
LSD $\pm$ 0,03252					

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, C: Vernik çeşidi

Yüzeye yapışma direnci değeri; ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi etkileşiminde, en yüksek, su bazlı vernik uygulanmış, 190 °C - 1,5 saat ısıt işlem görmüş Amerikan dişbudak odununda, en düşük; su bazlı vernik uygulanmış, 212 °C - 2 saat ısıt işlem görmüş akkavak odununda tespit edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.123'de verilmiştir.

Çizelge 3.123. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör ABD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	Isıt işlemsiz	3,14	B	2,76	CD	2,13	GHIİJ	2,06	HIİJK
	190 °C - 1,5 saat	3,60	A*	2,56	DEF	2,18	EFGHIİJ	2,15	GHIİJ
	212 °C - 2 saat	3,07	BC	2,57	DE	2,37	EFGH	2,21	EFGHIİ
Avrupa kızılğacı	Isıt işlemsiz	3,61	A*	2,27	EFGHI	1,82	IJKLM	1,62	LMN
	190 °C - 1,5 saat	2,56	DEF	2,16	EFGHIİJ	1,90	IJKLM	1,71	KLMN
	212 °C - 2 saat	2,53	DEFG	2,19	EFGHIİ	1,98	HIİJKL	1,88	IİJKLM
Akkavak	Isıt işlemsiz	3,21	B	2,49	DEFG	1,97	HIİJKL	1,70	KLMN
	190 °C - 1,5 saat	3,03	BC	2,25	EFGHI	1,92	IİJKLM	1,77	JKLMN
	212 °C - 2 saat	1,71	KLMN	1,62	LMN	1,51	MN	1,40	N
Aksöğüt	Isıt işlemsiz	3,14	B	2,15	GHIİJ	2,03	HIİJKL	1,96	HIİJKL
	190 °C - 1,5 saat	2,35	EFGH	2,26	EFGHI	1,64	LMN	1,53	MN
	212 °C - 2 saat	2,15	FHIİJ	2,02	HIİJKL	1,99	HIİJKL	1,89	IİJKLM
LSD $\pm$ 0,05026									

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem, D: Yaşlandırma periyodu

Yüzeye yapışma direnci değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, kontrol örneğinde, 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem görmüş Amerikan dişbudak ve yine kontrol örneğinde, ısıl işlemsiz Avrupa kızılğacı odunlarında, en düşük; 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıl işlem görmüş akkavak odununda tespit edilmiştir. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.124'de verilmiştir.

Çizelge 3.124. Ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör ACD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dişbudak	Sentetik vernik	3,20	BC	2,58	DE	2,05	GHIJKL	1,93	HIJKLM
	Su bazlı vernik	3,33	AB	2,68	D	2,40	DEF	2,35	EFG
Avrupa kızılğacı	Sentetik vernik	2,25	FGH	2,19	FGHI	1,89	IJKLM	1,82	JKLMN
	Su bazlı vernik	3,55	A*	2,22	FGHI	1,91	IJKLM	1,65	MN
Akkavak	Sentetik vernik	2,17	FGHI	2,10	FGHIJK	1,86	IJKLMN	1,71	LMN
	Su bazlı vernik	3,13	BC	2,14	FGHIJ	1,75	LMN	1,53	N
Aksögüt	Sentetik vernik	2,11	FGHIJK	1,96	HIJKLM	1,83	JKLMN	1,79	KLMN
	Su bazlı vernik	2,99	C	2,32	EFG	1,94	HIJKLM	1,79	KLMN

LSD  $\pm$  0,09393

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri  
\*: A: Ağaç malzeme türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Yüzeye yapışma direnci değeri; ağaç malzeme türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek; su bazlı vernik uygulanmış kontrol grubunda, Avrupa kızılğacı odununda elde edilirken, en düşük; su bazlı vernik uygulanmış 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş akkavak odununda tespit edilmiştir. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.125'de verilmiştir.

Çizelge 3.125. Isıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör BCD**		Yaşlandırma periyodu							
		Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	2,66	C	2,47	CDE	1,97	GHI	1,86	HI
	Su bazlı vernik	3,89	A*	2,37	DEF	2,01	GHI	1,80	HI
190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	3,39	B	2,46	CDE	2,02	GH	1,86	HI
	Su bazlı vernik	2,25	DEFG	2,00	GHI	1,96	GHI	1,86	HI
212 °C 2 saat	Sentetik vernik	2,66	C	2,47	CDE	1,97	GHI	1,86	HI
	Su bazlı vernik	3,89	A*	2,37	DEF	2,01	GHI	1,80	HI

LSD  $\pm$  0,06916

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri  
\*\*: B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu

Yüze yapışma direnci değeri; ısıt işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşiminde, en yüksek, su bazlı vernik uygulanmış, kontrol grubunda, ısıt işlemsiz ve 212 °C - 2 saat ısıt işlem görmüş örneklerde elde edilirken, en düşük; 432 saat yaşlandırma işlemine tabi tutulmuş tüm ısıt işlem uygulamaları ve vernik çeşitlerinde görülmüştür.

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.126'da verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.23'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.126. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüze yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

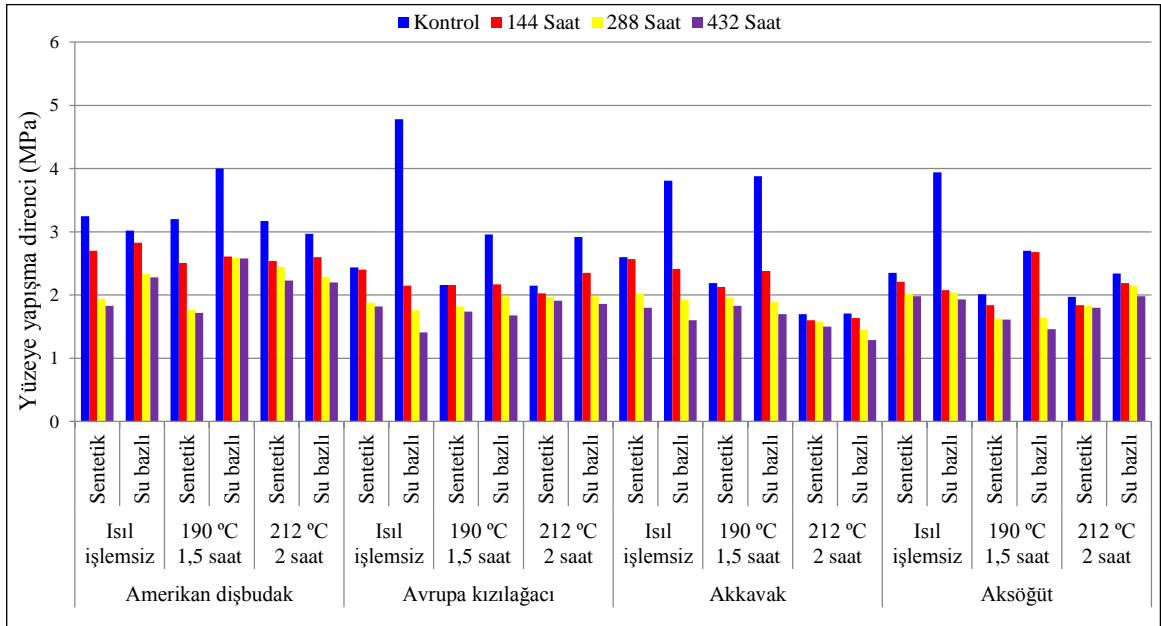
Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Amerikan dışbudak	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	3,25	C	2,70	DEFGHI	1,94	NOPRSTUV YZZ1Z2Z3Z 4Z5Z6Z7Z8	1,83	TUVYZZ1Z2Z3 Z4Z5Z6Z7Z8Z9
		Su bazlı vernik	3,02	CD	2,83	CDEFG	2,33	HIJKLMNO PRSTU	2,28	HIJKLMNOPR STUVY
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	3,20	C	2,51	EFGHIJKL	1,77	YZZ1Z2Z3Z 4Z5Z6Z7Z8Z 9Z10	1,72	ZZ1Z2Z3Z4Z5Z 6Z7Z8Z9Z10
		Su bazlı vernik	4,00	B	2,61	DEFGHIJ	2,59	DEFGHIJ	2,58	DEFGHIJK
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	3,17	C	2,54	DEFGHIJK	2,45	FGHIJKLM	2,23	HIJKLMNOPR STUVYZ
		Su bazlı vernik	2,97	CDE	2,60	DEFGHIJ	2,29	HIJKLMNO PRSTUV	2,20	IJKLMNOPRST UVYZZ1
Avrupa kızılğacı	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	2,44	FGHIJKL MN	2,40	GHIJKLMN OP	1,88	RSTUVYZZ 1Z2Z3Z4Z5Z 6Z7Z8Z9	1,82	UVYZZ1Z2Z3Z 4Z5Z6Z7Z8Z9
		Su bazlı vernik	4,78	A*	2,15	JKLMNOPR STUVYZZ1 ZZZ3	1,76	ZZ1Z2Z3Z4Z 5Z6Z7Z8Z9Z 10	1,41	Z9Z10
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	2,16	JKLMNOP RSTUVYZ Z1Z2	2,16	JKLMNOPR STUVYZZ1 Z2	1,82	UVYZZ1Z2Z 3Z4Z5Z6Z7Z 8Z9	1,74	ZZ1Z2Z3Z4Z5Z 6Z7Z8Z9Z10
		Su bazlı vernik	2,96	CDE	2,17	JKLMNOPR STUVYZZ1 Z2	1,98	MNOPRSTU VYZZ1Z2Z3 Z4Z5Z6	1,68	ZZ3Z4Z5Z6Z7 Z8Z9Z10
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	2,15	JKLMNOP RSTUVYZ Z1Z2Z3	2,03	LMNOPRST UVYZZ1Z2Z 3Z4Z5	1,97	MNOPRSTU VYZZ1Z2Z3 Z4Z5Z6	1,91	OPRSTUVYZZ1 Z2Z3Z4Z5Z6Z7 Z8Z9
		Su bazlı vernik	2,92	CDEF	2,35	GHIJKLMN OPRS	1,98	MNOPRSTU VYZZ1Z2Z3 Z4Z5Z6	1,86	STUVYZZ1Z2Z 3Z4Z5Z6Z7Z8Z 9
Akkavak	Isıt işlemsiz	Sentetik vernik	2,60	DEFGHIJ	2,57	DEFGHIJK	2,03	LMNOPRST UVYZZ1Z2Z 3Z4Z5	1,80	VYZZ1Z2Z3Z4Z 5Z6Z7Z8Z9
		Su bazlı vernik	3,81	B	2,41	GHIJKLMN O	1,92	OPRSTUVY ZZ1Z2Z3Z4Z 5Z6Z7Z8	1,60	Z5Z6Z7Z8Z9Z1 0
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	2,19	JKLMNOP RSTUVYZ Z1Z2	2,13	JKLMNOPR STUVYZZ1 ZZZ4	1,96	MNOPRSTU VYZZ1Z2Z3 Z4Z5Z6Z7	1,83	TUVYZZ1Z2Z3 Z4Z5Z6Z7Z8Z9
		Su bazlı vernik	3,88	B	2,38	GHIJKLMN OPR	1,89	PRSTUVYZ Z1Z2Z3Z4Z5 Z6Z7Z8Z9	1,70	Z1Z2Z3Z4Z5Z6 Z7Z8Z9Z10

Çizelge 3.126. (devam). Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (MPa).

Faktör ABCD**			Yaşlandırma periyodu							
			Kontrol		144 Saat		288 Saat		432 Saat	
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Akkavak	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	1,70	Z1Z2Z3ZAZ 5Z6Z7Z8Z9 Z10	1,60	Z5Z6Z7Z8Z9 Z10	1,58	Z5Z6Z7Z8Z9 Z10	1,50	Z6Z7Z8Z9Z10
		Su bazlı vernik	1,71	Z1Z2Z3ZAZ 5Z6Z7Z8Z9 Z10	1,64	Z4Z5Z6Z7Z8 Z9Z10	1,45	Z8Z9Z10	1,29	Z10
Aksögüt	Isıl işlemsiz	Sentetik vernik	2,35	GHIJKLM NOPRS	2,21	HIJKLMNO PRSTUVYZ Z1	2,02	LMNOPRST UVYZZ1Z2Z 3Z4Z5	1,98	MNOPRSTUVY ZZ1Z2Z3Z4Z5Z 6
		Su bazlı vernik	3,94	B	2,08	KLMNOPRS TUVYZZ1Z2 Z3Z4Z5	2,04	LMNOPRST UVYZZ1Z2Z 3Z4Z5	1,93	NOPRSTUVYZ Z1Z2Z3Z4Z5Z6 Z7Z8
	190 °C 1,5 saat	Sentetik vernik	2,01	LMNOPRS TUVYZZ1Z 2Z3Z4Z5Z6	1,84	TUVYZZ1Z2 Z3Z4Z5Z6Z7 Z8Z9	1,63	Z4Z5Z6Z7Z8 Z9Z10	1,61	Z5Z6Z7Z8Z9Z1 0
		Su bazlı vernik	2,70	DEFGH	2,68	DEFGHI	1,64	Z3Z4Z5Z6Z7 Z8Z9Z10	1,46	Z7Z8Z9Z10
	212 °C 2 saat	Sentetik vernik	1,97	MNOPRST UVYZZ1Z2 Z3Z4Z5Z6Z 7	1,84	STUVYZZ1 Z2Z3Z4Z5Z6 Z7Z8Z9	1,83	TUVYZZ1Z2 Z3Z4Z5Z6Z7 Z8Z9	1,80	VYZZ1Z2Z3Z4Z 5Z6Z7Z8Z9
		Su bazlı vernik	2,34	GHIJKLM NOPRST	2,19	IJKLMNOPR STUVYZZ1 Z2	2,15	JKLMNOPR STUVYZZ1Z 2Z3	1,98	MNOPRSTUVY ZZ1Z2Z3Z4Z5Z 6

LSD ± 0,06995

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri  
 \*\*: A: Ağaç malzeme türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu



Şekil 3.23. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları.

Yüzeye yapışma direnci değeri; ağaç malzeme türü - ısıtım işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşimde en yüksek su bazlı vernik uygulanmış kontrol örneğinde, ısıtım işlemsiz Avrupa kızılğacı odununda görülürken, en düşük değeri; su bazlı vernik uygulanmış, 432 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuş 212 °C - 2 saat ısıtım işlem görmüş akkavak odununda tespit edilmiştir.

### 3.3.8. Yüzeye Yapışma Direnci İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.116'ya göre, yüzeye yapışma direnci; ağaç malzeme türü düzeyinde, en yüksek Amerikan dişbudakta bulunmuştur. Deneyleerde kullanılan ağaç türleri arasında en yüksek yoğunluk değerine (0,68 gr/cm<sup>3</sup>) sahip olmasının bu durumla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Dolayısı ile yoğunluğu fazla olan örneklerdeki vernik uygulamalarında yüzeye yapışma direncinin yüksek olabileceği (adezyonun) söylenebilir. En düşük yüzeye yapışma direnci değerleri ise, akkavak ve aksöğüt odunlarında elde edilmiştir. Burada da yine yoğunluk değerlerinin etkili olduğu dikkat çekmektedir. Amerikan dişbudak (0,68 gr/cm<sup>3</sup>) ve Avrupa kızılğacı (0,50 gr/cm<sup>3</sup>) odunlarına ait tam kuru yoğunluk değerlerinin, aksöğüt (0,42 gr/cm<sup>3</sup>) ve akkavak (0,35 gr/cm<sup>3</sup>) odunlarından yüksek olmaları, yüzeye yapışma direnci ile ağaç malzeme yoğunluk değeri arasında kuvvetli bir bağın olabileceğini göstermektedir.

[350] çalışmalarında; yüzeye yapışma direnci değeri üzerine ağaç türü ve vernik çeşidi faktörünün etkisinin önemli olduğu bildirmişlerdir. [350] ve [351] çalışmalarında; vernikli yüzeylerde en yüksek yüzeye yapışma direncinin kayın kontrol örneklerinde elde edildiği, bu durumun kayın ağacının dağınık küçük traheli olan yapısının spesifik adezyonu arttırıcı etkisinden kaynaklanmış olabileceği ifade etmişlerdir. Tahta koruyucu uygulanan meşe ve iroko örneklerinde yüzeye yapışma direncinin düşük çıkması, bu türlerin halkalı traheli bir yapıya sahip oluşu, spesifik adezyonun azalması ve bünyesinde bulunan tabaka asitlerinin yapışmayı azaltıcı bir etki yapmasından kaynaklanabileceği şeklinde açıklanmıştır [308].

Çizelge 3.116'ya göre, yüzeye yapışma direnci değeri; ısıtım işlem düzeyinde, en yüksek ısıtım işlemsiz örneklerde, en düşük 212 °C - 2 saat ısıtım işlem uygulamasında elde edilmiştir. ısıtım işlem sıcaklığı arttıkça yüzeye yapışma direncinin azaldığı görülmektedir.

Yapışma direnci değerinin, genellikle ısıtım işlem sıcaklığının artmasıyla azalma gösterdiği, bununla beraber, iki kat vernik uygulaması yapılan yüzeylerde yapışma

direnci değerindeki düşüşün çok daha az olduğu belirtilmiştir [298]. Sıcaklığın özellikle ortamda rutubet olması halinde daha etkili olduğunu, sıcaklık etkisiyle oluşan tahribatın termoliz, termolitik ya da pirolitik tahribat olarak tanımlandığını, bu reaksiyon şartlarında oksijenin işlem dışı tutulduğunu, termal tahribattan söz ederken bu tür reaksiyonlardan daha çok termal-oksidatif tahribatın akla geldiğini, diğer taraftan reaksiyonlara etkisinde birbirleriyle bağ kurarak sertleşmeye başlayan polimerlerde sıcaklığın 32 °C’de sabit tutulması halinde bile önemli bir bağ kopmasının gözleneceği belirtilmiştir [113]. Deney örneklerinin sıcaklıkları yükseltildiğinde, sıcaklığın oluşacak her çeşit kimyasal işlemi aynı derecede etkilemeyeceği, aktivasyon enerjisinin polimerlerin termal tahribatının ilk aşaması olduğu, sıcaklık artırıldığında ise termal tahribatın oksidasyon ve hidroliz reaksiyonları ile buna paralel olarak devam ettiği belirtilmiştir. Vernik moleküllerinin aldıkları enerjiyle moleköl bağları koptuğunda ise artık dönüşümsüz bir şekilde değiştiiği, bu durumun adezyonda etkili olduğu ifade edilmiştir [113].

Çizelge 3.116’ya göre, yüzeye yapışma direnci değeri; vernik çeşidi düzeyinde, en yüksek su bazlı vernikte, en düşük sentetik vernikte elde edilmiştir. Tik yağı uygulanan deney örneklerinin yüzeyleri yağlı olduğu için iyi bir yapışma gerçekleşmediğinden deneyleri yapılamamıştır. Bu yüzden sadece istatistiksel değerlendirmeye sentetik vernik ve su bazlı vernik dahil edilmiştir. Su bazlı verniğin yüzeye yapışma direnci değerinin daha yüksek çıkmasının sebebi, sentetik verniğin alkaliliğinin ve moleköl büyüklüğünün daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir.

[205] çalışmasında; moleköl büyüklüğü arttıkça yüzeye yapışma direncinin azalacağı ifade etmiştir. [217], [352], [353] çalışmasında; asit baz teorisine göre, katman ile yüzey arasındaki asit-baz etkileşimiyle bağ kuvvetinin önemli ölçüde arttığı, uygulama yapılan yüzeylerdeki asit veya baz değişimlerinin adezyonu artırdığı bildirmişlerdir. [351] çalışmasında; sentetik esaslı vernik/boyada yüzeye yapışma direncinin düşük çıkmasının, üretiminde kullanılan yağ bileşikli reçinelerin ve renk pigmentlerinin adezyonu azaltıcı etkisinden kaynaklandığı belirtmişlerdir. Ayrıca değişik ağaç malzeme yüzeylerine vernikleme işleminden önce uygulanan tahta koruyucunun (pinotex), sentetik boya ve yat verniklerinin yüzeye yapışma direncini olumsuz yönde etkilediğini, bu durumun, tahta koruyucunun bileşimindeki yağ tarafından ağaç malzeme doygun hale getirildiği için vernik katmanlarının yapışma direncinin azalmış olmasından kaynaklanabileceği ifade etmişlerdir. [154], [350] çalışmasında; adezyon

direnci değeri üzerine ağaç türü ve vernik çeşidi faktörünün etkisinin önemli olduğu, su bazlı vernik katmanlarının yzeeye yapışma direncinin ise düşük olduğu bildirmişlerdir.

Çizelge 3.116'ya göre, yzeeye yapışma direnci değeri; yaşılandırma periyodu düzeyinde, en yüksek yaşılandırılmamış kontrol örneklerinde görülürken bunu sırası ile azalarak 144 saat, 288 saat ve 432 saatlik yaşılandırma periyodları takip etmiştir. Yaşılandırma süresi uzadıkça yzeeye yapışma direncinin azaldığı söylenebilir.

Hızlandırılmış yaşılandırma süresi artıkça, yapışma direncinde azalma görüldüğü, Şeffaf vernik katmanlarının ağaç malzeme yüzeylerinde koruyuculuğunun yeterli olmadığı ifade edilmiştir [354].

Çizelge 3.126'ya göre, yzeeye yapışma direnci değeri; ağaç malzeme türü - ısıl işlem faktörü - vernik çeşidi - yaşılandırma periyodu düzeyinde yapılan etkileşiminde (ABCD), en yüksek su bazlı vernik uygulanmış, kontrol örneğinde, ısıl işlemsiz Avrupa kızılağacı odununda görülürken, en düşük; su bazlı vernik uygulanmış, 432 saat yaşılandırmaya tabi tutulmuş 212 C - 2 saat ısıl işlem görmüş akkavak odununda elde edilmiştir. Isıl işlem sıcaklığı ve yaşılandırma süresi artıkça yzeeye yapışma direncinin azaldığı grlmektedir. Avrupa kızılağacının daha gözeneksiz bir tekstür yapısına sahip olmasının yzeeye yapışma direncinde etkili olduğu dşnlmektedir.

### **3.4. TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA**

#### **3.4.1. Janka Sertlik Değerine İlişkin Bulgular**

Isıl işlem görmüş Amerikan dişbudak, Avrupa kızılağacı, akkavak ve aksöğüt odunlarında janka sertlik değerleri değişimi enine, teğet ve radyal kesit olarak üç farklı kesit yönünde incelenerek farklılıklar tespit edilmiş, elde edilen ortalama değerler izelge 3.127'de verilmiştir.

Çizelge 3.127. Janka sertlik direnci ölçümlerine ait ortalama değerler (N/mm<sup>2</sup>).

Kesit yönü	Ağaç malzeme türü	Isıl işlem	$\bar{X}$	S	X min	X max
Enine	Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	143,40	2,75	140,10	150,10
		190 °C - 1,5 saat	152,25	6,11	141,50	161,60
		212 °C - 2 saat	177,99	30,30	149,90	226,90
	Avrupa kızılğacı	Isıl işlemsiz	205,84	4,12	201,10	213,10
		190 °C - 1,5 saat	274,60	15,10	246,30	285,60
		212 °C - 2 saat	245,34	7,02	232,60	253,40
	Akkavak	Isıl işlemsiz	143,13	5,41	132,40	151,10
		190 °C - 1,5 saat	151,44	14,03	124,82	172,40
		212 °C - 2 saat	169,91	32,33	124,21	226,90
	Aksöğüt	Isıl işlemsiz	139,60	8,47	131,20	157,70
		190 °C - 1,5 saat	130,30	9,25	114,70	144,50
		212 °C - 2 saat	165,89	9,98	152,00	184,80
Teğet	Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	55,57	3,52	51,00	60,80
		190 °C - 1,5 saat	76,62	6,21	63,60	84,20
		212 °C - 2 saat	47,94	2,83	44,20	54,10
	Avrupa kızılğacı	Isıl işlemsiz	92,00	4,73	86,50	98,80
		190 °C - 1,5 saat	119,77	6,67	107,80	125,80
		212 °C - 2 saat	118,13	5,77	107,20	126,50
	Akkavak	Isıl işlemsiz	58,16	8,42	47,00	78,70
		190 °C - 1,5 saat	78,23	11,58	64,80	104,00
		212 °C - 2 saat	63,71	11,65	35,70	75,60
	Aksöğüt	Isıl işlemsiz	83,21	4,64	76,10	89,10
		190 °C - 1,5 saat	82,60	3,28	76,20	87,40
		212 °C - 2 saat	64,07	7,61	55,40	77,40
Radyal	Amerikan dişbudak	Isıl işlemsiz	44,52	2,95	39,10	48,30
		190 °C - 1,5 saat	56,50	2,85	50,90	60,50
		212 °C - 2 saat	67,15	2,97	63,10	71,20
	Avrupa kızılğacı	Isıl işlemsiz	80,97	2,863	78,10	87,80
		190 °C - 1,5 saat	78,63	1,44	76,40	80,70
		212 °C - 2 saat	105,62	3,97	101,30	112,50
	Akkavak	Isıl işlemsiz	44,44	2,85	39,10	48,30
		190 °C - 1,5 saat	52,08	5,19	43,80	63,20
		212 °C - 2 saat	49,25	10,53	33,20	65,90
	Aksöğüt	Isıl işlemsiz	73,50	4,98	63,30	78,50
		190 °C - 1,5 saat	54,28	5,32	48,50	64,30
		212 °C - 2 saat	62,96	6,01	53,70	70,10

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, X min: En küçük değer, X max: En büyük değer

Janka sertlik direnci değerleri, kesit yönleri bazında ayrı ayrı istatistiksel değerlendirme yapılarak, ağaç malzeme türü ve ısıl işlem periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.128’de verilmiştir.

Çizelge 3.128. Janka sertlik direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Kesit yönü	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
Enine	Ağaç malzeme türü (A)	3	181921,217	60640,406	261,220	0,000*
	Isıl işlem (B)	2	20493,749	10246,874	44,140	0,000*
	Etkileşim (AB)	6	20353,441	3392,240	14,613	0,000*
	Error	108	25071,421	232,143		
	Total	119	247839,828			
Teğet	Ağaç malzeme türü (A)	3	44256,820	14752,273	300,149	0,000*
	Isıl işlem (B)	2	7201,309	3600,654	73,259	0,000*
	Etkileşim (AB)	6	6529,378	1088,230	22,141	0,000*
	Error	108	5308,186	49,150		
	Total	119	63295,693			
Radyal	Ağaç malzeme türü (A)	3	26902,243	8967,414	375,287	0,000*
	Isıl işlem (B)	2	3020,598	1510,299	63,206	0,000*
	Etkileşim (AB)	6	6169,316	1028,219	43,031	0,000*
	Error	108	2580,640	23,895		
	Total	119	38672,797			

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

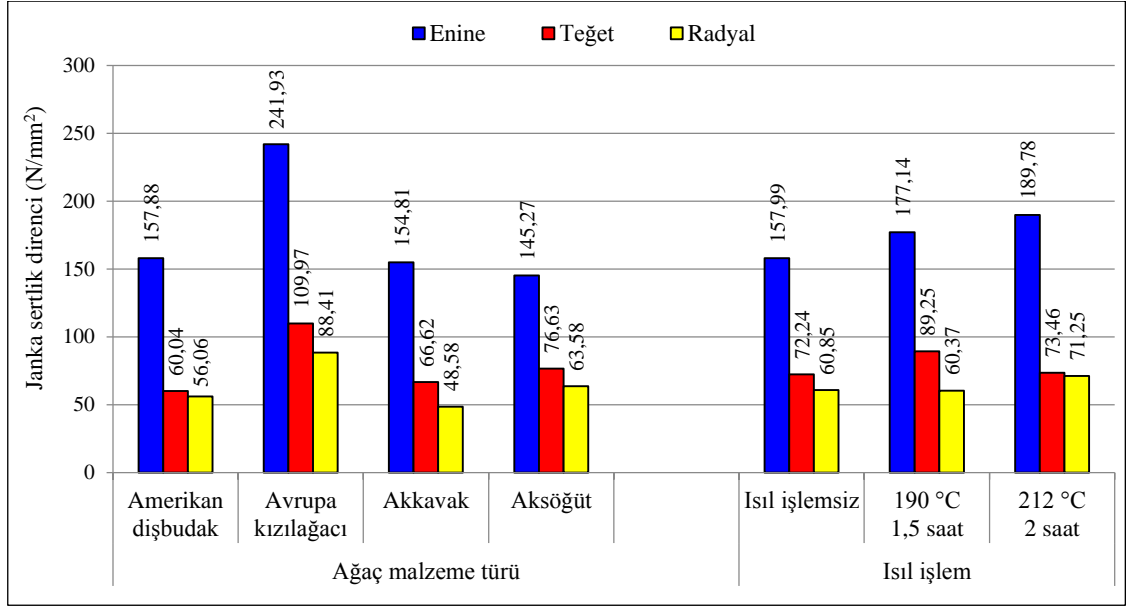
Enine, teğet ve radyal kesit yönlerinde yapılan varyans analizi sonucuna göre, ağaç malzeme türü, ısıl işlem ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimi anlamlı çıkmıştır ( $\alpha=0,05$ ).

Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları enine, teğet ve radyal kesit yönlerinde Çizelge 3.129'da verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.24'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.129. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde enine, teğet ve radyal kesit yönlerindeki janka sertlik direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ).

Faktör	Enine		Teğet		Radyal		
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	
Ağaç malzeme türü	Amerikan dişbudak	157,88	B	60,04	D	56,06	C
	Avrupa kızılğacı	241,93	A*	109,97	A*	88,41	A*
	Akkavak	154,81	B	66,62	C	48,58	D
	Aksöğüt	145,27	C	76,63	B	63,58	B
		LSD + 3,06883		LSD + 0,74661		LSD + 4,53801	
Isıl işlem	Isıl işlemsiz	157,99	C	72,24	B	60,85	B
	190 °C - 1,5 saat	177,14	B	89,25	A*	60,37	B
	212 °C - 2 saat	189,78	A*	73,46	B	71,25	A*
		LSD + 4,49093		LSD + 1,57821		LSD + 0,66202	

$\bar{X}$ : Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, \*: En yüksek janka sertlik direnci değeri



Şekil 3.24. Ağaç malzeme türü, ısıl işlem düzeyinde janka sertlik direnci değerlerine ait sonuçları.

Janka sertlik direnci değeri; ağaç malzeme düzeyinde; enine, teğet ve radyal kesit yönlerindeki en yüksek Avrupa kızılğacı odununda, en düşük enine kesitte aksöğüt odununda, teğet kesitte Amerikan dişbudak odununda, radyal kesitte akkavak odununda tespit edilmiştir.

Isıl işlem düzeyinde; janka sertlik direnci değeri, enine kesit yönde en yüksek 212 °C'de 2 saat ısıl işlem görmüş uygulamalarda, en düşük değer ısıl işlemsiz örneklerde tespit edilmiştir. Teğet kesit yönde en yüksek janka sertlik direnci değeri 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem görmüş örneklerde, en düşük değer ısıl işlemsiz ve 212 °C'de 2 saat ısıl işlem görmüş numunelerde tespit edilmiştir. Radyal kesit yönde en yüksek janka sertlik direnci değeri 212 °C'de 2 saat ısıl işlem görmüş numunelerde, en düşük değer ise ısıl işlemsiz ve 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem görmüş örneklerde elde edilmiştir.

Ağaç malzeme türü - ısıl işlem etkileşimine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.130'da verilmiş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 3.25'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.130. Ağaç malzeme türü - ısıt işlem etkileşimine ait janka sertlik direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Kesit yönü	Faktör AB**	Isıt işlemsiz		190 °C - 1,5 saat		212 °C - 2 saat		
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	
Enine	Amerikan dişbudak	143,40	EF	152,25	E	177,99	D	LSD ± 2,97303
	Avrupa kızılağacı	205,84	C	274,60	A*	245,34	B	
	Akkavak	143,13	EF	151,40	E	169,91	D	
	Aksöğüt	139,60	EF	130,30	F	165,89	D	
Teğet	Amerikan dişbudak	55,57	E	76,62	C	47,94	F	LSD + 0,95424
	Avrupa kızılağacı	92,00	B	119,77	A*	118,13	A*	
	Akkavak	58,16	DE	78,00	C	63,71	D	
	Aksöğüt	83,21	C	82,60	C	64,07	D	
Radyal	Amerikan dişbudak	44,52	G	56,50	E	67,15	D	LSD + 0,90141
	Avrupa kızılağacı	80,97	B	78,63	B	105,62	A*	
	Akkavak	44,40	G	52,08	EF	49,25	F	
	Aksöğüt	73,50	C	54,28	E	62,96	D	

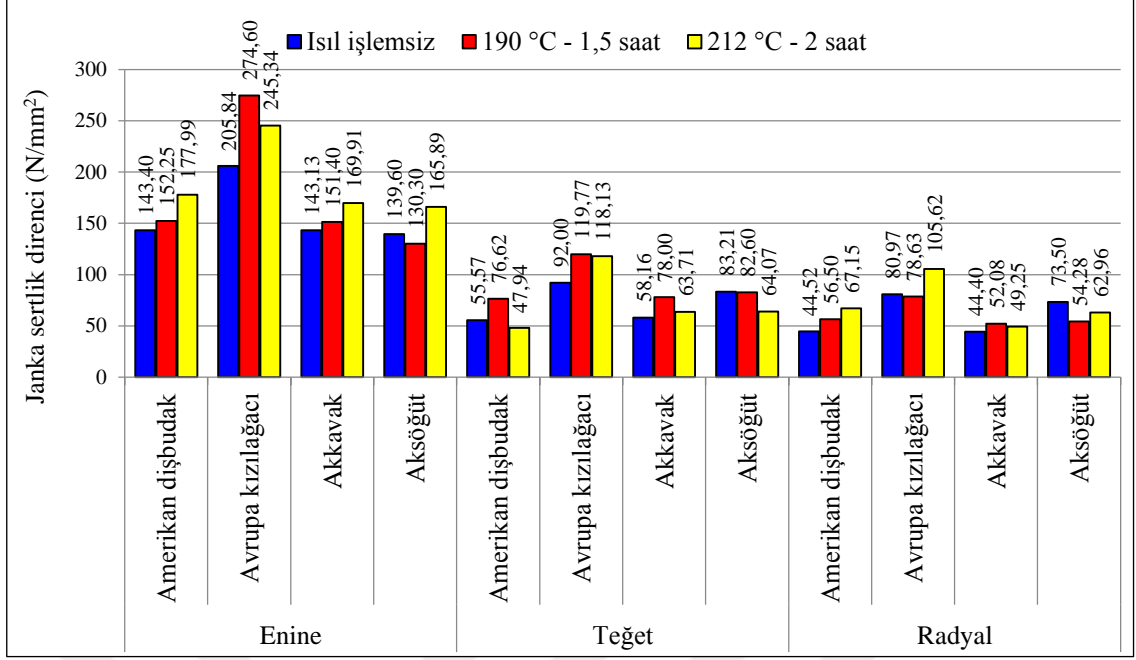
$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek janka sertlik direnci değeri

\*\* : A: Ağaç malzeme türü, B: Isıt işlem

Ağaç malzeme türü - ısıt işlem etkileşiminde, enine kesit yönde en yüksek janka sertlik direnci değeri; Avrupa kızılağacı odununda 190 °C’de 1,5 saat ısıt işlem görmüş uygulamalarda görülürken, en düşük aksöğüt odununda 190 °C’de 1,5 saat ısıt işlem uygulamasında elde edilmiştir.

Teğet kesit yönde en yüksek janka sertlik direnci değeri; Avrupa kızılağacı odununda 190 °C’de 1,5 saat ve 212 °C’de 2 saat ısıt işlem görmüş uygulamalarda, en düşük Amerikan dişbudak odununda 212 °C’de 2 saat ısıt işlem görmüş örneklerde bulunmuştur.

Radyal kesit yönde en yüksek janka sertlik direnci değeri; Avrupa kızılağacı odununda 212 °C’de 2 saat ısıt işlem görmüş uygulamalarda, en düşük Amerikan dişbudak ve akkavak odunlarında ısıt işlemsiz örneklerde elde edilmiştir.



Şekil 3.25. Ağaç malzeme türü - ısıl işlem ikili etkileşimine ait janka sertlik direnci değerlerinin Duncan testi sonuçları.

### 3.4.2. Janka Sertlik Değeri İle İlgili Tartışma

Çizelge 3.129'a göre, janka sertlik direnci değeri; ağaç malzeme düzeyinde; enine, teğet ve radyal kesit yönlerindeki en yüksek Avrupa kızılğacı odununda, en düşük enine kesitte aksöğüt odununda, teğet kesitte Amerikan dişbudak odununda, radyal kesitte ise akkavak odununda elde edilmiştir. [67], [126] ve [316] çalışmalarında; sertlik değerlerindeki artışları, yüksek sıcaklıklarda ligninin alt dallara ayrılması (ramification) ile ilgili olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, amorf hemiselülozların parçalanması nedeni ile kristalin selüloz oranının artması 200 °C'nin altında sertlik değerlerini de artırmış olabileceği ifade edilmiştir [58].

Çizelge 3.129'a göre, ısıl işlem düzeyinde; en yüksek janka sertlik direnci değeri; 212 °C'de 2 saat ısıl işlem görmüş uygulamalarda, en düşük değer ısıl işlemsiz örneklerde tespit edilmiştir. Teğet kesit yönde en yüksek janka sertlik direnci değeri 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem görmüş örneklerde, en düşük değer ısıl işlemsiz ve 212 °C'de 2 saat ısıl işlem görmüş numunelerde tespit edilmiştir. Radyal kesit yönde en yüksek janka sertlik direnci değeri 212 °C'de 2 saat ısıl işlem görmüş numunelerde, en düşük değer ise ısıl işlemsiz ve 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem görmüş örneklerde elde edilmiştir. Genel olarak, ısıl işlem uygulamasının belli sıcaklığa kadar janka sertlik değerini artırdığı, daha yüksek sıcaklıklarda ise janka sertlik değerini azalttığı, bu durumun ağaç

malzeme türüne göre de değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Bu düşük sıcaklıklardaki sertlik değerinde meydana gelen artışın nedeni, lignin ve hemiselülozun bozunması ve yeni moleküllere dönüşmelerinden kaynaklanması, 200 °C sıcaklık civarında selülozun değişmeye başlaması, amorf bölgelerin degrade olması, formik ve asetik asit meydana gelmesi şeklinde ifade edilmiştir [84].

En düşük janka sertlik direnci değeri, enine, teğet ve radyal kesit yönlerin tamamında ısıtılmış örneklerde görülmüştür. Sonuçta, ısıtılmış uygulamaların, tüm kesiş yönlerindeki janka sertlik değerlerinin düşük çıkmasında etkili olduğu, ısıtılmanın janka sertlik değerini ağaç malzemenin türüne ve ısıtılma sıcaklığına bağlı olarak yükselttiği, sonrasında ise bu değer düşme eğilimine geçtiği söylenebilir.

[355] çalışmalarında, huş odununa ait radyal ve teğet yönlerdeki sertlik değerlerinin 200 °C'nin altındaki sıcaklıklarda kısmen arttığını, ancak sıcaklığın 200 °C ve üzerine çıkması ile sertlik değerlerinin azalmaya başladığını belirtmişlerdir. [356] yaptıkları çalışmada; 200 °C'de 4, 6 ve 8 saat süreler ile ısıtılma görmüş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununda yapılan teğet ve radyal yöndeki janka sertlik sonuçlarında kontrol örneklerinin ısıtılma görmüş örneklerle kıyasla düşük sonuçlar verdiğini bildirilmişlerdir. [84] çalışmalarında; selülozun değişiminin 200 °C sıcaklık civarında başlaması sonucu, titrete kavakta sertliğin hem radyal, hem de teğet yönde bu nedenle artmaya devam ettiğini, çamda ise 210 °C sıcaklıkta bütün kesiş yönlerinde sertliğin azaldığını ifade etmişlerdir. [17] çalışmasında; düşük sıcaklıklarda elde edilen sertlik değerlerindeki artışların, hemiselüloz ve ligninin bozularak yeni ürünlere dönüşmesine neden olan kondenzasyon reaksiyonlarına dayandığını, selülozun 200 °C'de bozunmaya başladığını, amorf kısımların parçalanıp, formik ve asetik asit meydana getirdiğini, bu durumun sertlikte azalmalara neden olduğunu bildirmiştir. [357] çalışmalarında; vakum ve nitrojen ortamında 180 °C, 200 °C ve 220 °C'de ısıtılma görmüş *aspidosperma populifolium*, *dipteryx odorata* ve *mimosa scabrella* odunlarında yapılan janka sertlik deneylerinde; ısıtılma işlemlerin, *aspidosperma populifolium* ve *mimosa scabrella* odunlarında janka sertliği üzerinde anlamlı bir etki göstermediğini, ancak ısıtılma yöntemine veya sıcaklığa bakılmaksızın, *dipteryx odorata* odununun sertliğini ısıtılma uygulaması ile önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir. [86] çalışmalarında; enine, teğet ve radyal yönlerdeki sertlik değerlerinde 200 °C'nin altında çok düşük miktarda da olsa artışlar tespit etmişlerdir. [358]-[360] çalışmalarında; ağaç malzeme türüne, ısıtılma sıcaklığına ve uygulama süresine bağlı olarak janka sertlik

değerlerinde azalma olduğunu, yüksek sıcaklıkta işlem gören odunun mekanik özelliklerinin azaldığını, bu durumun muhtemel sebebinin oksidasyon reaksiyonu ile odundaki yüksek hemiselüloz bozunması olduğunu belirtmişlerdir. [86] yaptıkları çalışmada; sertlik değerlerindeki azalmaların, yüksek sıcaklık sonucu odunda oluşan ağırlık kayıpları ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. [361] çalışmalarında; 130 °C ve 160 °C sıcaklıklarda 3 ve 7 saat süreler ile ısıtılmış Doğu kırmızı sediri (*Juniperus virginiana* L.) odunu için, ısıtma süresi ve sıcaklığının artması ile janka sertlik değerlerinde azalmaların olduğunu bildirmişlerdir. [137] yaptıkları çalışmada; sarıçam odununa, 120 °C, 150 °C ve 180 °C sıcaklıklarda 2, 6 ve 10 saatlik sürelerde ısıtma uygulaması, ısıtma uygulamasındaki sıcaklık ve süre artışı sonucu janka sertlik değerinde azalma görüldüğünü belirtmişlerdir. [135], [318] çalışmalarında; artan sıcaklık ve süreye bağlı olarak ısı muamelesi ile janka sertlik değerini azaldığını bildirmişlerdir. Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odunu, 2 ve 10 saat sürelerde, 120 °C ile 180 °C arasında değişen sıcaklıklarda ısıtma tabii tutmuşlardır. [127] yapıları çalışmalarda; janka sertlik testi sonuçlarının artan ısıtma sıcaklığı ve süresi ile janka sertlik değerini azalttığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 3.130'a göre, janka sertlik değeri; ağaç malzeme türü - ısıtma düzeyinde yapılan ikili etkileşimde; enine kesit yönde en yüksek Avrupa kızıltağacı odununda 190 °C'de 1,5 saat ısıtma görmüş uygulamalarda, teğet kesit yönde Avrupa kızıltağacı odununda 190 °C'de 1,5 saat ve 212 °C'de 2 saat ısıtma görmüş uygulamalarda, radyal kesit yönde ise Avrupa kızıltağacı odununda 212 °C'de 2 saat ısıtma görmüş uygulamalarda görülmüştür. Bu durumunun ısıtma sıcaklığına bağlı olarak selüloz değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. En düşük janka sertlik değeri enine kesit yönde aksöğüt odununda 190 °C'de 1,5 saat ısıtma uygulamasında, teğet kesit yönde Amerikan dişbudak odununda 212 °C'de 2 saat ısıtma görmüş örneklerde, radyal kesit yönde ise Amerikan dişbudak ve akkavak odunlarında ısıtmasız örneklerde elde edilmiştir. Bunun sebebinin ise, lignin ve hemiselülozun bozunmaya ve yeni moleküllere dönüşmeye çalışmaları karşısında ağaç malzemelerin bu duruma karşı göstermiş olduğu farklı davranış özelliklerinden kaynaklanmış olabileceği söylenebilir. [17], [84] yaptıkları çalışmada; yaklaşık 200 °C sıcaklıkta selülozun değişmeye başladığını amorf bölgelerin degrade olduğunu, formik ve asetik asit oluşumunun sertliği azaltmış olabileceğini belirtmişlerdir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ThermoWood yöntemi ile 190 °C’de 1,5 saat ve 212 °C’de 2 saat ısıtılma tabii tutulan Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*), Avrupa kızılacağı (*Alnus incana*), akkavak (*Populus alba*) ve aksöğüt (*Salix alba*) odunlarına üç farklı türde üstyüzey işleme uygulandıktan sonra yapay yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Elde edilen deney örneklerine fiziksel özelliklerden; hava kurusu yoğunluk, tam kuru yoğunluk, renk ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$  ve  $\Delta E^*$ ), parlaklık (liflere paralel (/), liflere dik ( $\perp$ )) ve ıslanabilirlik testleri, mekanik özelliklerden; liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve dinamik eğilme (şok) direnci ve yüzeye yapışma direnci testleri, teknolojik özelliklerden ise; janka sertlik direnci testi uygulanmış olup, elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Kullanılan yüzey koruyucular arasında katı madde oranı en yüksek sentetik vernikte (% 47,1) görülürken, bunu sırasıyla tik yağı (% 32,9) ve su bazlı (% 27,7) vernik takip etmiştir. Bu durumun sentetik verniğin yapısında bulunan kuruyan yağ ve yağ alkidlerinin yüksek polimer ağırlıklı olmalarından kaynaklandığı söylenebilir.
- Tik yağı, yüzeyde ölçülebilir düzeyde katman kalınlığı oluşturmamıştır. Sentetik vernik ise su bazlı verniğe göre daha kalın bir katman oluşturmuştur. Su bazlı vernik katman kalınlığının az olmasında, verniği oluşturan polimer taneciklerinin çok küçük parçacıklar halinde olmasının da etkili olduğu söylenebilir. Ağaç malzeme türünde; en fazla katman kalınlığı Avrupa kızılacağında ölçülürken, bunu sırası ile akkavak, aksöğüt ve Amerikan dişbudak odunları takip etmiştir. Isıl işlem süresi arttıkça vernik katman kalınlığının azaldığı tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodunun ilk safhasında katman kalınlığı aynı kalırken, ilerleyen periyotlarda da katman kalınlığının belirgin fark oluşturmadığı ortaya çıkmıştır. Oluşan bazı farklılıkların ise, verniklerin katı madde miktarı oranlarından, ağaç malzemenin tekstür ve lif yapısından, yoğunluğundan, absorbe etme özelliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.
- Isıl işlem sıcaklığı ve süresinin artışıyla yoğunluk değerinin düştüğü görülmektedir. Bu durumun sebebinin ise ısıtılma esnasında odun bileşenlerinin degradasyonu

(özellikle hemiselülozların), ekstraktiflerin buharlaşması ve hücre çeper bileşenlerinde oluşan kayıplar olabileceği düşünülmektedir.

- Isıl işlem sıcaklığı ve süresinin artması, tüm odun türlerinde rengin koyulaşmasına sebep olmuştur. Koyulaşma en fazla Avrupa kızılacağında ve sentetik vernikte tespit edilmiştir. Yaşlandırma sonucu koyulaşmada etkili olan kırmızı renk değeri ( $a^*$ ) artarken, ışıklılık ( $L^*$ ) değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun, ağaç malzemelerin doğal renginden, anatomik yapısından, hemiselüloz, lignin ve ekstraktif madde oranlarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Liflere paralel ve liflere dik parlaklık, en yüksek Amerikan dişbudakda ölçülmüştür. Bu durumun, Amerikan dişbudak odununun parlak görünümlü ve beyaz renk tonuna yakın olmasına, yaz odunu iştirak oranının diğer deney örneklerine oranla fazla olmasına, yıllık halkalarının düzgün yapıda olmasına ve odunun tekstür yapısına bağlı olduğu söylenebilir. 190 °C - 1,5 saat ısıl işlem uygulamasında en yüksek değere ulaşıldığı, 212 °C - 2 saat uygulamasına gelindiğinde ise bu değer oldukça azaldığı ortaya çıkmıştır. Isıl işlem görmüş ağaç malzemedeki sıcaklığa bağlı olarak parlaklık değerindeki azalmanın sebebi, glukoz, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimlerle birlikte ligninin kondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Parlaklık değeri en yüksek sentetik vernikte, en düşük tik yağında elde edilmiştir. Bu durum, sentetik verniğin yüzeyde parlak bir katman, tik yağının ise yüzeyde mat bir katman oluşturmasına bağlanmıştır. En yüksek parlaklık değerlerinin kontrol örneğinde görüldüğü, en uzun yaşlandırma periyoduna gelindiğinde ise parlaklık değerinin düştüğü ortaya çıkmıştır. Sebep olarak, yaşlandırma sürecindeki vernik katmanlarında sıcaklık artışına bağlı olarak yüzey geriliminin artışı ve çapraz bağlarda kopmalar olduğu, bunun da parlaklık değerlerinde azalmalara sebebiyet verdiği düşünülmektedir.
- Temas açısı değeri en yüksek aksöğüt odununda, en düşük Avrupa kızılacağı odununda elde edilmiştir. Islanabilirliğin azalmasının olası nedenlerinden birisi olarak selülozun kristallenme artışı gösterilebilmektedir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça temas açısı değerinin azaldığı görülmüştür. Bu durum odunda meydana gelen kütle kaybı ile açıklanabilecektir. Düşük kütle kaybı oranlarında

yüzey ıslanabilirliğinin azaldığını ancak kütle kaybı oranı arttığında ıslanabilirlikte artış gözlemlendiği söylenebilir. En yüksek temas açısı değeri tik yağı uygulamasında, en düşük ise su bazlı vernik uygulamasında elde edilmiştir. Bu durumun sebebi, tik yağı uygulanmış yüzeylerin su ile olan ilişkisinin zayıflaması, yağdan dolayı hidrofobik bir özellik kazanması ve daha az polar bir hal alması ile su iticiliğinin artması olarak açıklanabilir. Yaşlandırma işleminin temas açısı değerini artırdığı görülmüştür. Bu durumun, yapay yaşlandırma koşulları sırasında odun yüzeyinde meydana gelen yapısal değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

- Liflere paralel basınç direnci en yüksek Amerikan dişbudak odununda görülmüş, bunu sırası ile Avrupa kızılacağı, aksöğüt ve akkavak odunları takip etmiştir. Bu durum, Amerikan dişbudak odununun yoğunluk değerinin diğer odun örneklerinden yüksek olması ile açıklanabilmektedir. Isıl işlemin liflere paralel basınç direnci değerini artırdığı tespit edilmiştir. Isıl işlem görmüş odunun daha az higroskopik olmasının ve maksimum bağlı su miktarındaki azalmanın ısıl işlemin direnç özelliklerine pozitif katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Ayrıca ısıl işlem sırasında odunda yüksek miktarda bulunan kristalin selüloz miktarının ısıl işlem süresince arttığı ve kristalin selülozun, önemli bir anizotropi özellik göstermesi ve yapısının sert ve rijit olması kaynaklı boyamsal yönde basınç direncinde gözlenen artışından sorumlu tutulabileceği söylenebilir. Yine liflere paralel yöndeki basınç direncinin yüksek olmasının sebepleri arasında lignin polimer ağlarında görülen çapraz bağ sayısındaki artış söylenebilir.
- Eğilme direnci en yüksek Amerikan dişbudak odununda görülmüş, bunu sırası ile Avrupa kızılacağı, akkavak ve aksöğüt odunları takip etmiştir. Amerikan dişbudak odunu eğilme direnci değerinin yüksek çıkmasının sebebinin, diğer odun türlerine kıyasla en yüksek yoğunluk değerine sahip olması ile açıklanabilir. Ayrıca, odunun direnç özellikleri üzerine, hücre duvarının (selüloz, hemiselüloz ve lignin) ana polimerik bileşenlerinin farklı derecelerde katkıda buldukları söylenebilir. Düşük sıcaklıktaki ısıl işlem uygulamasında (190 °C - 1,5 saat) eğilme direncinin ısıl işlemsiz deney örneklerine göre % 8 oranında arttığı, ancak yüksek sıcaklığa gelindiğinde (212 °C -2 saat) bu değer % 19 oranında düştüğü görülmüştür. Eğilme direncinde tespit edilen düşüşün sebeplerini, işlenecek odunun türüne, ısıl işlemde ulaşılan maksimum sıcaklığa ve bu sıcaklıktaki bekleme süresine bağlı

olduğu düşünülmektedir. Ayrıca eğilme direncinin azalması ile hemiselülozun bozunması arasında bir ilişki olduğu ve odunun en termal-kimyasal olarak hassas bileşeni olan hemiselülozun içeriği ve yapısındaki değişikliklerin eğilme direncindeki kayıplardan sorumlu olabileceği söylenebilir.

- Dinamik eğilme (şok) direnci en yüksek Amerikan dişbudak odununda görülürken, diğer ağaç malzemelerin daha düşük değerlerdeki aynı grup içerisinde yer aldığı ortaya çıkmıştır. Isıl işlem uygulamasının, dinamik eğilme direncini 2,5 kat azalttığı görülmüştür. Hemiselüloz bozunması, şok direncinin azalmasında ana sebep olarak gösterilmektedir. Dinamik eğilme direnci deneyi esnasında oluşan makaslama etkisinin odunda meydana gelen hasarda çok etkili olduğu, odunda meydana gelen kırılmanın muhtemel sebebinin ise lignin ve hemiselülozlar matriksindeki yük paylaşım kapasitesinin bozulmasından kaynaklandığı tüm bu durumların odunda meydana gelen direnç kayıplarından sorumlu olabileceği düşünülmektedir.
- Yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek Amerikan dişbudak odununda, en düşük akkavak ve aksöğüt odunlarında elde edilmiştir. Amerikan dişbudak odununun yoğunluk değeri diğer odun örnekleri arasında en yüksek değere sahip olanıdır. Dolayısı ile yoğunluğu fazla olan örneklerdeki vernik uygulamalarında yüzeye yapışma direncinin yüksek olabileceği söylenebilir. Yüzeye yapışma direnci, ısıl işlem düzeyinde, en yüksek ısıl işlemsiz uygulamada, en düşük 212 °C - 2 saat ısıl işlem uygulamasında görülmüştür. Bu durum, sıcaklık arttıkça yüzey deformasyonu artacağından yapışmanın bundan olumsuz etkilenebileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Yüzeye yapışma direnci, vernik çeşidi düzeyinde; en yüksek su bazlı vernik uygulamasında, en düşük sentetik vernik uygulamasında tespit edilmiştir. Su bazlı verniğin yüzeye yapışma direnci değerinin daha yüksek çıkmasının, sentetik verniğin alkaliliğinin ve vernik molekül büyüklüğünün daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yaşlandırma periyodu düzeyinde; en yüksek yüzeye yapışma direnci değeri kontrol örneklerinde, en düşük ise 432 saatlik yaşlandırma periyodunda ortaya çıkmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma süresi arttıkça, yapışma direncinde azalma görülmesinin sebebinin, şeffaf vernik katmanlarının ağaç malzeme yüzeylerinde yeterli oranda koruyuculuğunun olmadığı düşünülmektedir.
- Janka sertlik direnci en yüksek Avrupa kızılğacı odununda görülürken bunu sırası ile Amerikan dişbudak, akkavak ve aksöğüt odunları takip etmiştir. Diğer kesitlere

oranla, enine kesitte janka sertlik değeri 2 katı aşan artış göstermiştir. Bunu sırası ile teğet kesit ve radyal kesit yönlerdeki sertlik değerleri takip etmiştir. Sertlik değerlerindeki artışların, yüksek sıcaklıklarda ligninin alt dallara ayrılması (ramification) ile ilgili olduğu düşünölmektedir. Ayrıca amorf hemiselölozların parçalanması nedeni ile kristalin selöloz oranının artmasının sertlik değerlerini de artırmış olabileceği ön görölmektedir. Isıl işlemin artmasıyla janka sertlik değerinde artış görölmüştür. Bu artış, ısıl işlemsiz deney örneklerine göre, enine kesitte; 190 °C - 1,5 saat uygulamasında % 12 oranında, 212 °C - 2 saat uygulamasında % 20 oranında artmıştır. Teğet kesitte; 190 °C - 1,5 saat uygulamasında % 24 oranında, 212 °C - 2 saat uygulamasında % 2 oranında artmıştır. Radyal kesitte; 190 °C - 1,5 saat uygulamasında % 0,8 oranında azalma görölürken, 212 °C - 2 saat uygulamasında % 17 oranında artmıştır. Bu düşük sıcaklıklardaki sertlik değerinde meydana gelen artışın nedeni ise, lignin ve hemiselölozun bozunması ve yeni moleküllere dönüşmesi, 200 °C sıcaklık civarında selölozun değişmeye başlaması, amorf bölgelerin degrade olması, formik ve asetik asit meydana gelmesi olarak düşünölmektedir.

Elde edilen sonuçlar, gerek bilimsel, gerekse uygulamaya yönelik öneriler haline getirilmeye çalışılmıştır.

- İleride yapılacak olan benzer araştırmaların, tek bir ağaç malzeme üzerinde yapılması ile çalışma varyasyonunun (vernik çeşidi, ısıl işlem sıcaklığı ve süreleri, yaşlandırma periyod sayıları vb.) ve test sayılarının (fiziksel, mekanik, teknolojik vb.) artırılarak konunun daha spesifik irdelenebileceği ve endüstriye daha fazla katkı sağlayabileceği düşünölmektedir. Birden fazla ağaç malzeme türü ile araştırma yapılacak ise, farklılıkların görölebilmesi açısından yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türlerinin araştırmada birlikte yer almasının daha fayda sağlayacağı söylenebilir.
- Ağaç malzemeye estetik değer kazandırılmak, yoğunluğunu düşürmek ve antifungal özellik kazandırılmak istenildiğinde, kimyasal renklendirici ve koruyucular yerine çok daha sağlıklı olan ısıl işlem yönteminin uygulanması önerilmektedir. Ayrıca, nemli bölgelerde ve ıslak mekânlarda, özellikle dış mekân mobilyalarında ısıl işlem görmüş ahşap malzemelerin kullanılması önerilmektedir.

- Uygulanacak olan üstyüzey işlemlerinde, su bazlı verniğe oranla katman yapma özelliği 1,7 kat daha yüksek olan sentetik verniğin, katman kalınlığının önem arz ettiği durumlarda tercih edilebileceği önerilmektedir.
- Benzer araştırmalarda, ayrıca SEM/EDS (Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive Spectroscopy), FTIR (Fourier Transform Infrared) ve TGA (Thermal Gravimetric Analysis) gibi analiz yöntemlerinden faydalanılması, sonuçların yorumlanabilmesi ve iyi bir tartışma yapılabilmesi açısından önem arz etmektedir.
- Isıl işlem görmüş ağaç malzemede renk koyulaşmasının istenilmediği durumlarda su bazlı vernik kullanılması, rengin daha kırmızımsı koyu renk alması istenilen durumlarda ise sentetik vernik kullanılması önerilebilir.
- Parlak bir ahşap yüzeye sahip olunması istenilen durumlarda, araştırmada kullanılan diğer ağaç türlerine kıyasla Amerikan dişbudak odununun kullanılması önerilebilir. Isıl işlem uygulamalarında düşük sıcaklık olan 190 °C'de 1,5 saatlik uygulama, parlaklığı arttırdığı için tercih edilebilir. Vernik çeşidi olarak su bazlı vernikten 3 kat, tik yağından 7 kat daha fazla parlaklık değeri veren sentetik vernik uygulamasının tercih edilmesi önerilebilir.
- Yüzeye yapışma direncinin yüksek olması istenilen durumlarda diğer ağaç malzeme türlerine göre Amerikan dişbudak odunu ve diğer vernik çeşitlerine göre sentetik vernik uygulamasının tercih edilebileceği söylenebilir. Isıl işlem ve yaşlandırma işleminin ahşap malzemelerde yüzey yapışma direncini azalttığı da göz önünde bulundurulmalıdır.
- Uzun süre (432 saat) yaşlanmaya maruz kaldığında odunlarda hidrofobik özellik artmaktadır. Özellikle tik yağı uygulandığında ıslanabilirlik azaldığından (temas açısı büyüdüğünden) ağaç malzemeye hidrofobik özellik kazandırmakta olduğu söylenebilir. Isıl işleme tabi tutulmuş ağaç türleri arasında aksöğüt odununda daha yüksek hidrofobik özellik elde edildiğinden çeşitli kullanım yerleri için tercih edilebilir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] R. J. Ross, “*Wood Handbook: Wood As An Engineering Material*,” Madison, Wisconsin: United States Department of Agriculture Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL-GTR-190, 2010, pp. 10-509.
- [2] W. Homan, B. Tjeerdsma, E. Beckers and A. Jorissen, “Structural and other properties of modified wood,” *World Conference on Timber Engineering*, Whistler Resort, British Columbia, Canada, July 31 - August 3, 2000, vol. 1, pp. 3511-3518.
- [3] R. B. Hoadley, “*Understanding Wood: A Craftsman’s Guide To Wood Technology*,” 2nd ed., Newtown, CT: Taunton Press, 2000, pp. 6-280.
- [4] W. J. Homan, and A. J. M. Jorissen, “Wood Modification Developments,” *Heron*, vol. 49, no. 4, pp. 361-386, 2004.
- [5] M. J. Boonstra, “A two-stage thermal modification of wood,” Doctoral dissertation in cosupervision Ghent University and Universite Henry Poincare, Soil and forest management, Ghent, Belgium, ISBN 978-90-5989-210-1, 2008.
- [6] J. A. Santos, “Mechanical behaviour of eucalyptus wood modified by heat,” *Wood Science and Technology*, vol. 34, pp. 39-43, 2000.
- [7] C. A. S. Hill, “Wood modification: chemical, thermal and other processes,” Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd, 2006, pp. 19-198.
- [8] D. Johansson, “Strenght and colour response of solid wood to heat treatment,” Doctoral dissertation, Department of Skellefteå Campus, Luleå Technology University, Luleå, Sweden, 2005.
- [9] Ş. Doruk, M. Altınok ve O. Perçin, “Isıl işlemin ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi,” *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 14, s. 3, ss. 262-270, 2010.
- [10] D. P. Kamdem, A. Pizzi and A. Jermannaud, “Durability of heat-treated wood,” *Holz Roh-Werkstoff*, vol. 60, pp.1-6, 2002.
- [11] G. L. Clark and J. A. Howsmon, “Swotlen, impregnated, and compressed wood samples,” *Industrial & Engineering Chemistry*, vol. 38, pp. 1257-1262, 1946.
- [12] Y. Kubojima, T. Okano and M. Ohta, “Bending strength and toughness of heattreated wood,” *Journal of Wood Science*, vol. 46, no. 1, pp. 8-15, 2000.
- [13] S. Jämsä, P. Ahola, P. Vitaniem, “Long-term natural weathering of coated ThermoWood,” *Pigment & Resin Technology*, vol. 29, no. 2, pp. 68-74, 2000.
- [14] K. Candelier, S. Hannouz, M. Elaieb, R. Collet, S. Dumançay, A. Pétrissans, P. Gerardin and M. Pétrissans, “Utilization of temperature kinetics as a method to predict treatment intensity and corresponding treated wood quality: durability and mechanical properties of thermally modified wood,” *Maderas Ciencia y Tecnología*, vol. 17, no. 2, pp. 253 - 262, 2015.

- [15] S. Yıldız, "Isıl işlem uygulanan doğu kayını ve doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri," Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2002.
- [16] S. Korkut ve D. Kocaefe, "Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi," *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, c. 5, s. 2, pp. 11-34, 2009.
- [17] B. Sundqvist, "Colour changes and acid formation in wood during heating," Doctoral dissertation, Lulea Technology University, Skellefteå, Sweden, 2004.
- [18] R. Rowell, S. Lange, J. McSweeney and M. Davis, "Modification of wood fiber using steam," *The 6th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*, Portland, Oregon, USA, Oregon State University, Wood Science and Engineering Department, Oregon State University, vol. 2, 2002, pp. 604-615.
- [19] A. J. Stamm and L. A. Hansen, "Minimizing wood shrinkage and swelling effect of heating in various gases," *Industrial And Engineering Chemistry*, vol. 29, pp. 831-833, 1937.
- [20] B. Thunell and E. Elken, "Värmebehandling av trä för minskning av svällning och krympning (Heat treatment of wood to reduce swelling and shrinkage)," *Trävaruindustrien*, vol. 16, pp. 1-23, 1948.
- [21] A. J. Stamm, H. K. Burr and A. A. Kline, "Heat-stabilized wood (staybwood)," Forest Products Laboratory, Madison, The United States of America (USA), Rep. no. R1621, 1946.
- [22] A. Buro, "Die wirkung von hitzebehandlungen auf die pilzresistenz von kiefern- und buchenholz," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 12, pp. 297-304, 1954.
- [23] F. Kollman and A. Schneider, "On the sorption behaviour of heat stabilized wood," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 21, pp. 77-85, 1963.
- [24] A. Schneider and H. Rusche, "Sorption-behaviour of Beech- and Sprucewood after heat treatments in air and in absence of air," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 31, pp. 313-319, 1973.
- [25] W. Sanderman and H. Augustin, "Chemical investigations on the thermal decomposition of wood-part I: stand of research," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 21, pp. 256-265, 1963b.
- [26] W. Sanderman and H. Augustin, "Chemical investigations on the thermal decomposition of wood-part II: investigations by means of the differential thermal analysis," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 21, pp. 305-315, 1963a.
- [27] F. Kollman and D. Fengel, "Changes in the chemical composition of wood by thermal treatment," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 23, pp. 461-468, 1965.
- [28] D. Fengel, "On the changes of the wood components within the temperature range up to 200°C- part 1: hot and cold water extracts of thermally treated sprucewood," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 24, pp. 9-14, 1966.
- [29] A. Schneider, "Investigations on the influence of heat treatments within a range of temperature from 100°C to 200°C on the modulus of elasticity, maximum crushing strength, and impact work of Pine sapwood and Beechwood," *Holzforchung*, vol. 29, pp. 431-440, 1971.

- [30] H. Rusche, "Thermal degradation of wood at temperatures up to 200°C. Part 1: Strength properties of dried wood after heat treatment," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 31, pp. 273- 281, 1973.
- [31] A. Schneider, "Investigation on the convection drying of lumber at extremely high temperatures- part II: drying degrade, changes in sorption, colour and strength of pine sapwood and beech wood at drying temperatures from 110° to 180 °C," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 31, pp. 198-206, 1973.
- [32] E. Giebeler, B. Bluhm, A. Alscher, K. Moraw, G. Collin and H. Nilles, "Process for the modification of wood," U.S. Patent 4377040, Reutgerswerke AG., USA, 1983.
- [33] J. Bourgois and R. Guyonnet, "Characterization and analysis of torrefied wood," *Wood Science and Technology*, vol. 22, pp. 143-155, 1988.
- [34] P. J. Bourgois, G. Janin and R. Guyonnet, "The color measurement: A fast method to study and to optimize the chemical transformations undergone in the thermically treated wood," *Holzforschung*, vol. 45, pp. 377-382, 1991.
- [35] D. Dirol and R. Guyonnet, "The improvement of wood durability by retification process," *IRG WP: International Research Group on Wood Preservation 24*, Orlando, Florida, USA, May 16-21, vol. 4, 1993, pp. 1-11.
- [36] M. T. Troya and A. Navarrete, "Study of the degradation of retified wood through ultrasonic and gravimetric techniques," *IRG WP: International Research Group on Wood Preservation 25*, Nusa Dua, Bali, Indonesia, 29 May - 3 June, 1994, pp. 1-6.
- [37] B. Neya, G. Déon and B. Loubinoux, "Conséquences de la Torrèfaction sur la Durabilité du Bois de Hêtre," *Bois et Forêts des Tropiques 244*, pp. 67-72, 1995.
- [38] D. P. Kamden, A. Pizzi, R. Guyonnet and A. Jermannaud, "Durability of heat-treated wood," *IRG WP: International Research Group on Wood Preservation 30*, Rosenheim, Germany, June, 6-11, 1999, pp. 1-15.
- [39] H. Viitanen, S. Jämsä, L. Paajanen, A. Nurmi and P. Viitaniemi, "The effects of heat treatment on the properties of spruce," *IRG WP: International Research Group on Wood Preservation 25*, Nusa Dua, Bali, Indonesia, 1994, pp. 1-4.
- [40] P. Viitaniemi and S. Jämsä, "Modification of wood with heat treatment," VTT Building Technology, Espoo, Finland, Rep. no. 814, 1996.
- [41] S. Jämsä, P. Ahola and P. Viitaniemi, "Performance of coated heat-treated wood," *Surface Coatings International*, vol. 82, pp. 297-300, 1999.
- [42] A. Ranta-Maunus, P. Viitaniemi, P. Ek and S. Jämsä, "Method for processing wood at elevated temperatures," W.O. Patent 9531680, 1995.
- [43] P. Viitaniemi, S. Jämsä, P. Ek and H. Viitanen, "Method for improving biodegradation resistance and dimensional stability of cellulosic products," VTT Technical Research Centre of Finland, E.P. Patent 695408A1, 1996.
- [44] P. Viitaniemi, S. Jämsä, P. Ek and H. Viitanen, "Method for increasing the resistance of cellulosic products against mould and decay," VTT Technical Research Centre of Finland, E.P. Patent 695408B1, 2001.
- [45] A. van Zuylen, "Platonische Liefde voor Hout," *Chemisch Magazine/ Den Haag Tijdsch May.*, pp. 212-213, 1995.

- [46] M. J. Boonstra, B. F. Tjeerdsma and H. A. C. Groeneveld, "Thermal modification of non-durable wood species," *1. The PLATO Technology: Thermal Modification Of Wood, The International Research Group On Wood Preservation*, Maastricht, The Netherlands, June, 14-19, Stockholm, 1998, vol. 4, pp. 3-13.
- [47] B. F. Tjeerdsma, M. J. Boonstra and H. Militz, "Thermal modification of non-durable wood species," *2. Improved Wood Properties Of Thermally Treated Wood, International Research Group On Wood Preservation*, Maastricht, The Netherlands, June, 1998a, pp. 14-19.
- [48] M. Sailer, A. O. Rapp, H. Leithoff and R. D. Peek, "Vergütung von Holz durch Anwendung einer Öl-Hitzebehandlung," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 58, pp. 15-22, 2000.
- [49] A. O. Rapp and M. Sailer, "Oil-heat-treatment of wood - process and properties," *Drvna Industrija*, vol. 52, pp. 63-70, 2001.
- [50] Anonymous, "Thermowood Handbook," Finnish Thermowood Association, c/o Wood Focus Oy, P.O. Box 284, Snellmaninkatu 13, FIN-00171 Helsinki, Finland, 2003, pp. 04-08.
- [51] A. O. Rapp, "Review on heat treatments of wood," *In Proceedings Of Special Seminar*, Antibes, France, 2001, pp. 1-66.
- [52] D. Fengel and G. Wegener, "Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions," *Walter de Gruyter*, Berlin, New York, 1989.
- [53] E. Sjöström, "Wood Chemistry-Fundamentals and applications," *Academic Press incorporated*, London, UK. pp. 10-293, 1993.
- [54] V. Kučerová, R. Lagaña, E. Výbohá and T. Hýrošová, "The effect of chemical changes during heat treatment on the color and mechanical properties of fir wood" *BioResources*, doi: 10.15376/biores.11.4.9079-9094, vol. 11, no. 4, pp. 9079-9094, 2016.
- [55] B. Esteves and H. Pereira, "Wood modification by heat treatment: A review," *BioResources*, vol. 4, no.1, pp. 370-404, 2009.
- [56] B. Košíková, M. Hricovíni and C. Cosentino, "Interaction of lignin and polysaccharides in beech wood (*Fagus sylvatica*) during drying processes," *Wood Science and Technology*, vol. 33, pp. 373-380, 1999.
- [57] M. T. R. Bhuiyan, N. Hirai and N. Sobue, "Changes of crystallinity in wood cellulose by heat treatment under dried and moist conditions," *Journal of Wood Science*, vol. 46, pp. 431- 436, 2000.
- [58] H. Sivonen, S.L. Maunu, F. Sundholm, S. Jämsä and P. Viitaniemi, "Magnetic resonance studies of thermally modified wood," *Holzforschung*, vol. 56, no. 6, pp. 648-654, 2002.
- [59] A. J. Stamm, "Thermal degradation of wood and cellulose," *Journal Of Industrial And Engineering Chemistry*, vol. 48, pp. 413-417, 1956.
- [60] V. Kučerová, D. Kačíková and F. Kačík, "Alterations of extractives and cellulose macromolecular characteristics after thermal degradation of spruce wood," *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, vol. 53, no. 2, pp. 77-83, 2011.
- [61] D. Kačíková, F. Kačík, I. Čabalová and J. Ďurkovič, "Effects of thermal treatment on chemical, mechanical, and colour traits in Norway spruce wood," *Bioresource*

- Technology*, doi: 10.1016/j.biortech.2013.06.110, vol. 144, pp. 669-674, 2013.
- [62] E. Výbohová and V. Kučerová, "The changes of selected characteristics of cellulose at water prehydrolysis of poplar (*Populus tremula* L.) wood," *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, vol. 55, no. 2, pp. 77-86, 2013.
- [63] V. Kučerová and E. Výbohová, "Changes of cellulose in hydrolysis of willow (*Salix alba* L.) wood," *Chemické Listy*, vol. 108, no. 11, pp. 1084-1089, 2014.
- [64] O. Theander and D. A. Nelson, "Aqueous, high-temperature transformation of carbohydrates relative to utilization of biomass- In: Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry," Eds. R. S. Tipson, and D. Horton, *Academic Press incorporated Harcourt Brace Jovanovich Publishers*, vol. 46, 273-326, 1988.
- [65] M. J. Boonstra, J. Van Acker, B. F. Tjeerdsma and E. V. Kegel, "Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents," *Annals of Forest Science*, doi: 10.1051/forest:2007048, vol. 64, no. 7, pp. 679-690, 2007.
- [66] Y. Z. Lai, "Chemical degradation. in: wood and cellulosic chemistry," New York, USA: Marcel Dekker Incorporated, 1991, pp. 455-524.
- [67] M. Nuopponen, T. Vuorinen, S. Jamsa and P. Viitaniemi, "Thermal modifications in softwood studied by FTIR and UV resonance raman spectroscopies," *Journal of Wood Chemistry and Technology*, doi: 10.1081/WCT-120035941, vol. 24, no. 1, pp. 13-26, 2004.
- [68] E. Windeisen, C. Strobel and G. Wegener, "Chemical changes during the production of thermo-treated beech wood," *Wood Science and Technology*, doi: 10.1007/s00226-007-0146-5, vol. 41, no. 6, pp. 523-536, 2007.
- [69] W. Sanderman and H. Augustin, "Chemical investigations on the thermal decomposition of wood-Part III: chemical investigation on the course of decomposition," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 22, no. 10, pp. 377-386, 1964.
- [70] K. Shimizu, H. Sudo and T. Fijii, "Total utilisation of wood components by steam explosion pre-treatment," Chichester, UK: Kennedy, J.F., Phillips, 1989, In: wood processing and utilization, pp. 407-412.
- [71] J. Bourgois, M. Bartholin and R. Guyonnet, "Thermal treatment of wood: Analysis of the obtained product," *Wood Science Technology*, vol. 23, pp. 303-310, 1989.
- [72] M. González-Peña, M. Breese and C. Hill, "Hygroscopicity in Heat-Treated Wood: Effect of extractives," In: *International Conference on Environmentally Compatible Forest Products (ICECFOP)*, Oporto, Portugal, 2004, 22-24 September, pp. 105-119.
- [73] B. Esteves, J. Graça and H. Pereira, "Extractive composition and summative chemical analysis of thermally treated eucalypt wood," *Holzforschung*, doi: 10.1515/HF.2008.057, vol. 62, pp. 344-351, 2008b.
- [74] Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT), "Reaction mechanisms of modified wood during," 10/1999-6/2001, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, 2001.
- [75] M. J. Boonstra and B. Tjeerdsma, "Chemical analysis of heat treated softwoods," *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, vol. 64, no. 3, pp. 204-211, 2006.
- [76] A. Burmester, "Zur Dimensionsstabilisierung von Holz," *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, vol. 33, pp. 333-335, 1975.

- [77] G. Pott, "Natural fibers with low moisture sensitivity, in: Natural fibers, plastics and composites," Springer, Boston, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2004, chapter 8, pp. 105-122.
- [78] B. F. Tjeerdsma, M. Boonstra, A. Pizzi, P. Tekely and H. Militz, "Characterisation of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement," *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, vol. 56, no. 3, pp. 149-153, 1998.
- [79] O. Bobleter and H. Binder, "Dynamischer hydrothermalmer Abbau von Holz," *Holzforchung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood*, vol. 34, no. 2, pp. 48-51, 1980.
- [80] A. Pizzi, A. Stephanou, M. J. Boonstra and A. J. Pendlebury, "A new concept on the chemical modification of wood by organic anhydrides," *Holzforchung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood*, vol. 48, no. 1, pp. 91-94, 1994.
- [81] J. E. Winandy and R. M. Rowell, "The chemistry of wood strength. In: Rowell (ed) The Chemistry of solid wood," *American Chemical Society*, Washington, DC., pp. 211-256, 1984.
- [82] A. J. Stamm, "Wood and cellulose science," *Wood And Cellulose Science*, 1964.
- [83] S. LeVan, R. J. Ross and J. E. Winandy, "Effects of fire retardant chemicals on the bending properties of wood at elevated temperatures," Madison, WI, USA: US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1990, no. 498.
- [84] D. Kocaeffe, S. Poncsak, G. Doré and R. Younsi, "Effect of heat treatment on the wettability of white ash and soft maple by water," *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, vol. 66, no. 5, pp. 355-361, 2008.
- [85] J. H. Banoub and M. Delmas, "Structural elucidation of the wheat straw lignin polymer by atmospheric pressure chemical ionization tandem mass spectrometry and matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry," *Journal Of Mass Spectrometry*, vol. 38, no. 8, pp. 900-903, 2003.
- [86] S. Poncsak, D. Kocaeffe, M. Bouazara and A. Pichette, "Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*)," *Wood Science and Technology*, doi: 10.1007/s00226-006-0082-9, vol. 40, no. 8, pp. 647-663, 2006.
- [87] J. D. MacLean, "Effect of heating in water on the strength properties of wood," *In American Wood-Preservers Association*, vol. 50, pp. 253-281, 1954.
- [88] J. D. MacLean, "Effect of oven heating and hot pressing on strength properties of wood," *In American Wood Preservers Association*, vol. 51, 1955.
- [89] W. H. Davis and W. S. Thompson, "Influence of thermal treatments of short duration on the toughness and chemical composition of wood," *Forest Products Journal*, vol. 14, pp. 350-356, 1964.
- [90] G. Köse, "Isıl İşlem Sırasında Açığa Çıkan Katranın Odun Koruma Maddesi Olarak Kullanılabilirliği," Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2012.
- [91] B. R. Vital, R. M. D. Lucia and R. F. Euclides, "Effect of heating on some properties of eucalyptus saligna wood," *Revista-Arvore*, vol. 7, no. 2, pp. 136-146,

1983.

- [92] M. Nuopponen, "FT-IR and UV Raman spectroscopic studies on thermal modification of Scots pine wood and its extractable compounds," Doctoral dissertation, Department of Forest Products Technology, Helsinki University of Technology, Laboratory of Forest Products Chemistry, Espoo-Finland, Rep. Series A23, 2005.
- [93] P. Burtin, C. Jay-Allemand, J.-P. Charpentier and G. Janin, "Natural wood colouring process in *Juglans* sp. (*J. nigra*, *J. regia* and hybrid *J. nigra* 23 x *J. regia*) depends on native phenolic compounds accumulated in the transition zone between sapwood and heartwood," *Trees*, vol. 12, no. 5, pp. 258-264, 1998.
- [94] S. I. Falkehag, J. Marton and E. Adler, "Chromophores in kraft lignin. in: lignin structure and reactions," ed. Marton, J., *American Chemical Society*, Washington D. C., USA., pp. 75-89, 1966.
- [95] A. G. McDonald, M. Fernandez, B. Kreber and F. Laytner, "The chemical nature of kiln brown stain in radiata pine," *Holzforschung*, vol. 54, pp. 12-22, 2000.
- [96] G. P. Rizzi, "Chemical structure of colored Maillard reaction products," *Food Reviews International*, vol. 13, pp. 1-28, 1997.
- [97] P. Viitaniemi, S. Jämsä, K. Koskela, L. Paajanen, T. Vuorinen, S. Maunu and T. Paakkari, "Reaction mechanisms of modified wood," Finnish forest cluster research programme wood wisdom (1998-2001), Helsinki, Finland, pp. 185-192, Final rep. 2002.
- [98] M. Sernek, "Comparative analysis of inactivated wood surfaces," Doctoral Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, United States of America (USA), 2002.
- [99] N. Ayırlımış and J. E. Winandy, "Effects of post heat-treatment on surface characteristics and adhesive bonding performance of medium density fiberboard," *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 24, no. 5, pp. 594-599, 2009.
- [100] M. Sernek, M. Boonstra, A. Pizzi, A. Despres and P. Gérardin, "Bonding performance of heat treated wood with structural adhesives," *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, vol. 66, no. 3, pp. 173-180, 2008.
- [101] R. S. Williams, "Acid effects on accelerated wood weathering," *Forest Products Journal*, vol. 37, pp. 37-38, 1987.
- [102] W. C. Feist, "Outdoor wood weathering and protection," *Forest Product Journals*, vol. 40, no. 10, pp. 263-298, 1990.
- [103] A. Kurtoğlu, "Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri," Cilt I, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2000, Genel Bilgiler, ss 157-163.
- [104] Y. Bozkurt, Y. Göker ve N. Erdin, "Emprenye Tekniği," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, vol. 3779, no. 425, ss. 125 - 429, 1993.
- [105] A. F. Bravery, A. J. Dobbs, R. A. Laidlaw and E. R. Miller, "Research in wood protection," *Wood Preserving Association*, vol. 45, pp. 3-11, 1981.
- [106] Ş. Doruk, "Lamine ağaç malzemede vernik ve emprenye işlemlerinin yaşlandırmaya etkisinin belirlenmesi," Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2009.

- [107] J. Miles and G.K. Elliot, "Development under discussion," *Timber Trades Journal*, 319, pp. 22-23, 1981.
- [108] Ş. Yıldırım, "Mayoluk kumaşlarda UV-absorblayıcılarının UV geçirgenliğinde, koruma faktörlerine, hava geçirgenliğine, ısı geçirgenliğine ve diğer kumaş özelliklerine etkileri," Yüksek lisans tezi, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [109] B. Genc, E. Kacar, E. Akman ve A. Demır, "Lazer ile malzeme kaynak işleminin UV-NIR spektrometre kullanılarak görüntülenmesi," 8. *Ulusal Fotonik Çalıştayı*, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [110] E. Ö. İşmal, "UV ışınlarının zararlı etkilerinden yüksek performanslı tekstiller yardımıyla korunma olanakları," *Tekstil Maraton*, vol. 2, pp. 70-80, 2002.
- [111] M. Tunçgenç, "Genel boya bilgileri," Akzo Nobel Kemipol A.Ş., Teknik Bülten, 2004.
- [112] L. D. Suits, Y. G. Hsuan, "Assessing the photo-degradation of geosynthetics by outdoor exposure and laboratory weatherometer," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 21, pp. 111-122, 2003.
- [113] N. Çakıcıer, "Ağaç Malzeme Yüzey İşlemi Katmanlarında Yaşlanma Sonucu Belirlenen Değişiklikler," Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.
- [114] K. A. McDonald, R. H. Falk, R. S. William and J. E. Winandy, "Wood decks: materials, construction, and finishing," Madison, WI: forest products society, from forest products laboratory, 1999, Wood handbook-Wood as an engineering material, Madison, WI: US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113, 1996.
- [115] D. N. Hon, "Weathering reactions and protection of wood surfaces," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 37, pp. 845-864, 1983.
- [116] H. Derbyshire and E. R. Miller, "The Photodegradation of wood during solar irradiation," *Holz Als-Roh Und Werkstoff*, vol. 39, pp. 347-350, 1981.
- [117] E. R. Miller, "Exterior wood stains," *Wood Science and Technology*, vol. 26, pp. 6-8, 1980.
- [118] J. Raczkowski, "Seasonal effects on the atmospheric corrosion of spruce micro sections," *Holz Als-Roh Und Werkstoff*, vol. 38, pp. 231-234, 1980.
- [119] H. İ. Şahin and C. Güler, "Effect of heat treatment on the dimensional stability of ash (*Fraxinus angustifolia*Vahl.) wood," *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, Forestist*, vol. 68, no. 1, pp. 42-52, 2018.
- [120] M. Hushitani, "Effect of heat-treatment on static viscoelasticity of wood (in Japanese)," *Mokuzai Gakkaishi*, vol. 14, pp. 208-213, 1968.
- [121] R. Alén, R. Kotilainen and A. Zaman, "Thermochemical behavior of Norway spruce (*Picea abies*) at 180–225 °C," *Wood Science and Technology*, vol. 36, no. 2, pp. 163-171, 2002.
- [122] H. Militz, "Thermal treatment of wood: European processes and their background," *International Research Group on Wood Preservation*, Cardiff-Wales, pp. 1-17, 2002.

- [123] P. Bekhta and P. Niemz, "Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood," *Holzforschung*, vol. 57, pp. 539-546, 2003.
- [124] O. Unsal, S. Korkut and C. Atik, "The Effect Of Heat Treatment On Some Properties And Colour In Eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis DEHN.) Wood," *Maderas Ciencia y Tecnología*, vol. 5, no. 2, pp. 145-152, 2003.
- [125] M. Sehlstedt-Persson, "High temperature drying of scots pine, a comparison between HT- and LT-drying," *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, vol. 53, pp. 95-99, 1995.
- [126] V. Repellin, R. Guyonnet, "Evaluation of heat-treated wood swelling by differential scanning calorimetry in relation to chemical composition," *Holzforschung*, vol. 59, no. 1, pp. 28-34, 2005.
- [127] O. Unsal and N. Ayrimis, "Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (Eucalyptus camaldulensis) wood," *Journal of Wood Science*, vol. 51, no. 4, pp. 405-409, 2005.
- [128] B. Esteves, A. V. Marques, I. Domingos and H. Pereira, "Influence of steam heating on the properties of pine (Pinus pinaster) and eucalypt (Eucalyptus globulus) wood," *Wood Science And Technology*, vol. 41, no. 3, pp. 193-207, 2007.
- [129] D. Johansson and T. Morén, "The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood," *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, vol. 64, no. 2, pp. 104-110, 2006.
- [130] K. Mitsui, "Changes in color of spruce by repetitive treatment of light-irradiation and heat treatment," *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, vol. 64, no. 3, pp. 243-244, 2006.
- [131] D. Aydemir, "Göknar (Abies bormülleriana Mattf.) ve Gürgen (Carpinus betulus L.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi," Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 2007.
- [132] K. Kitahara and M. Chuganji, "Effects of heat treatment on the mechanical properties of wood (in Japanese)," *Journal of the Japanese Forest Society*, vol. 33, pp. 414-419, 1951.
- [133] K. Sato, H. Yamamoto and Y. Kitani, "Influence of heat-treatment on fracture toughness and mechanical properties of wood (in Japanese)," *Bull Faculte Edue Mie University*, vol. 46, pp. 109-112, 1995.
- [134] M. H. Akyildiz and S. Ates, "Effect of heat treatment on equilibrium moisture content (EMC) of some wood species in Turkey," *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, vol. 4, no. 6, pp. 660-665, 2008.
- [135] G. Gunduz, S. Korkut and D. S. Korkut, "The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of camıyanı black pine (Pinus nigra Arn. subsp. Pallasiana var. pallasiana) wood," *Bioresource Technology*, ISSN: 0960-8524, vol. 99, no. 7, pp. 2275-2280, 2008.
- [136] S. Korkut and İ. Bektas, "The effects of heat treatment on physical properties of uludag fir and scots pine (pinus sylvestris l.) wood," *Forest Products Journal*, vol. 58, no. 3, pp. 95-99, 2008.

- [137] S. Korkut, M. Akgül and T. Dündar, "The effects of heat treatment on some technological properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood," *Bioresource Technology*, vol. 99, no. 6, pp. 1861-1868, 2008.
- [138] S. Korkut, "Gürgen yapraklı kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) odununun bazı mekanik özellikleri üzerine ısı işlem sıcaklık ve süresinin etkisi," *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, c. 5, s. 1, ss. 121-130, 2009.
- [139] A. Özçifçi, S. Altun ve F. Yapıcı, "Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisi," 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük, Türkiye, 2009, pp. 13-15.
- [140] Y. Sefil, "ThermoWood yöntemiyle, ısı işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri," Yüksek lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2010.
- [141] H. Şahin Kol, "Characteristics of heat-treated Turkish pine and fir wood after ThermoWood processing," *Journal of Environmental Biology*, vol. 31, pp. 1007-1011, 2010.
- [142] Z. Çalıova, "Kızılağaç ve doğu ladini odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi," Yüksek lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2011.
- [143] H. Şahin Kol and Y. Sefil, "The thermal conductivity of fir and beech wood heat treated at 170, 180, 190, 200 and 212°C," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 121, pp. 2473-2480, 2011.
- [144] A. Aytin, "Yabani kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisi," Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2013.
- [145] E. L. Anderson, Z. Pawlak, N. L. Owen, W. C. Feist, "Infrared studies of wood weathering," Part I: Softwoods, *Applied Spectroscopy*, vol. 45, pp. 641-647, 1991.
- [146] A. Sönmez ve R. Özen, "Ahşap verniklerin harici etkilere karşı dayanıklılığına ilişkin araştırmalar," Devlet Planlama Teşkilatı araştırma projesi kesin raporu, Ankara, s. 36, 1996.
- [147] H. Peker, "Mobilya üstyüzeylerinde kullanılan verniklere emprenye maddelerinin etkileri," Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 1997.
- [148] A. L. Andrady, S. H. Hamid, X. Hu and A. ToriKai, "Effects of increased solar ultraviolet radiation on materials," *Journal Photo Chemistry and Photobiology B: Biology*, vol. 46, pp. 96-103, 1998.
- [149] B. Uysal, H. Peker ve M. Atar, "Açık hava şartlarında eprenyelenmiş ve verniklenmiş ağaç malzeme yüzeyindeki renk değişikliğine etkileri," *Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi*, c. 1, ss. 66-77, 1998.
- [150] R. Özen ve A. Sönmez, "Dış hava şartlarının verniklerin katman sertliğine etkileri," *Journal of Agriculture and Forestry*, c. 23, ss. 323-328, 1999.
- [151] B. Uysal and H. Peker, "The effects of exterior conditions on the adhesion strength of varnishes," *Teknoloji Dergisi*, c. 2, ss. 179-192, 1999.

- [152] A. B. Delikan, "Değişik ağaç türleri üzerinde farklı boyalar uygulayarak, hızlandırılmış solma deneyleri," Yüksek lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2001.
- [153] M. de Meijer, "Review on the durability of exterior wood coatings with reduced VOC-Content," *Progres in Organic Coatings*, vol. 43, pp. 217-225, 2001.
- [154] M. Yakın, "Su bazlı verniklerde sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma mukavemetinin tespiti," Yüksek lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2001.
- [155] M. Budakçı ve A. Togay, "Sentetik vernik ve bir difüzyon boyası uygulanan sarıçamda açık hava şartlarının renk değiştirici etkisi," *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, c. 10, s. 11, ss. 55-68, 2002.
- [156] U. Holzhausen, S. Millow and H. J. P. Adler, "Studies on the thermal ageing of organic coatings," *In Macromolecular Symposia*, Wiley-WCH Verlag GmbH, Weinheim, 2002, vol. 187, no. 1, pp. 939-952.
- [157] X. F. Yang, D. E. Tallman, G. P. Bierwagen, S. G. Croll and S. Rohlik, "Blistering and degradation of polyurethane coatings under different accelerated weathering tests," *Polymer Degradation and Stability*, vol. 77, pp. 103-109, 2002.
- [158] A. Sönmez, M. Budakçı ve A.B. Delikan, "Ahşap Boyaları ile renklendirilmiş ağaç malzeme renk değişimleri," *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 16 s. 4, ss. 769-777, 2003.
- [159] C. Decker, F. Masson and R. Schwalm, "Weathering resistance of waterbased UV-cured polyurethane-acrylate coatings," *Polymer Degradation and Stability*, vol. 83, pp. 309-320, 2004.
- [160] E. Baysal, A. Sönmez, O. Göktaş, Z. Demirci, M. Çolak, E. Özen ve A. M. Çolak, "Çeşitli üst yüzey işlem maddelerinin hızlandırılmış yaşlandırma metoduyla fiziksel ve biyolojik performanslarının belirlenmesi ve performans özelliklerinin iyileştirilmesi," *Muğla Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu Projesi*, ss. 17-138, 2005.
- [161] B. S. W. Dawson, A. Goettgens and G. Hora, "Natural weathering performance of exterior wood coatings on *Pinus sylvestris* and *Pinus radiata* in Germany and New Zealand," *Journal of Coatings Technology and Research*, vol. 2, no. 7, pp. 539-546, 2005.
- [162] A. Temiz, U. C. Yıldız, İ. Aydın, M. Eikenes, G. Alfredsen and G. Çolakoglu, "Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test," *Applied Surface Science*, vol. 250, pp. 35-42, 2005.
- [163] J. E. P. Cust'odio and M. I. Eus'ebio, "Waterborne acrylic varnishes durability on wood surfaces for exterior exposure," *Progress in Organic Coating*, vol. 56, pp. 59-67, 2006.
- [164] C. Söğütü ve A. Sönmez, "Değişik koruyucular ile işlem görmüş bazı yerli ağaçlarda uv ışınlarının renk değiştirici etkisi," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak. Dergisi*, c. 21, s. 1, ss. 151-159, 2006.
- [165] M. Atar, H. Keskin and M. H. Çolakoğlu, "Imersol-aqua ile emprenye etmenin bazı masif ağaç malzeme ve verniklerde sarı renk tonuna etkisi," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 103, pp. 1048-1054, 2007.

- [166] J. V. Bulcke, J. V. Acker and M. Stevens, "Experimental and theoretical behavior of exterior wood coatings subjected to artificial weathering," *Journal of Coatings Technology and Research*, vol. 5, no. 2, pp. 221-231, 2008.
- [167] B. S. W. Dawson, A. P. Singh, H. W. Kroese, M. A. Schwitzer, S. Gallagher, J.S. Riddiough and S. Wu, "Enhancing exterior performance of clear coatings through photostabilization of wood," Part 2: coating and weathering performance, *Journal of Coatings Technology and Research*, vol. 5, no. 2, pp. 207-219, 2008.
- [168] A. Atılgan, "Bitki boyaları ile boyanan ahşap malzemenin hızlandırılmış yaşlandırma ortamında renk değişim değerlerinin belirlenmesi," Yüksek lisans tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 2009.
- [169] S. Bilgen, "Dış ortam şartlarının verniklenmiş ardıç odununun bazı fiziksel özelliklerine etkisi," Yüksek lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2010.
- [170] M. Budakçı, D. S. Korkut ve R. Esen, "The color changes on varnish layers after accelerated aging through the hot and cold-check test," *African Journal of Biotechnology*, vol. 9, no. 24, pp. 3595-3602, 2010.
- [171] N. Çakıcıer, S. Korkut, D. S. Korkut, A. Kurtoğlu and A. Sönmez, "Effects of UV accelerated aging on surface hardness, surface roughness, glossiness, and color difference for some wood species," *International Journal of the Physical Sciences*, vol. 6, no. 8, pp. 1929-1939, 2011.
- [172] J. Miklečić, V. Jirouš-Rajković, A. Antonović and N. Španić, "Discolouration of thermally modified wood during simulated indoor sunlight exposure," *BioResources*, vol. 6, no. 1, pp. 434-446, 2011.
- [173] J. Miklečić and V. Jirouš-Rajković, "Accelerated weathering of coated and uncoated beech wood modified with citric acid," *Drvna Industrija*, vol. 62, no. 4, pp. 277-282, 2011.
- [174] P. Nzokou, D. P. Kamdem and A. Temiz, "Effect of accelerated weathering on discoloration and roughness of finished ash wood surfaces in comparison with red oak and hard maple," *Progress in Organic Coatings*, vol. 71, pp. 350-354, 2011.
- [175] A. Sönmez, M. Budakçı, Z. Demirci and M. Akkuş, "Effects of thermal aging on the film hardness of some wood varnishes," *BioResources*, vol. 6, no. 4, pp. 4594-4605, 2011.
- [176] S. M. Fufa, B. P. Jelle, P. J. Hovde and P.M. Rørvik, "Coated wooden claddings and the influence of nanoparticles on the weathering performance," *Progress in Organic Coatings*, vol. 75, pp. 72 -78, 2012.
- [177] G. Küçük, "Emprenye maddeleri ve bekletme süresinin verniklerin yapışma direncine etkisi," Yüksek lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2012.
- [178] H. Toker, S. Hiziroglu and A. Ozcifci, "Influence of weathering on adhesion strength of chemically treated and coated Scotch pine," *Progress in Organic Coatings*, vol. 73, pp. 211-214, 2012.
- [179] Z. Demirci, A. Sönmez and M. Budakçı, "Effect of thermal ageing on the gloss and the adhesion strength of the wood varnish layers," *BioResources*, vol. 8, no. 2, pp. 1852-1867, 2013.

- [180] M. Budakçı and C. Taşcıoğlu, “Adhesion properties of some protective layers exposed to outside weather conditions for five years,” *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 37, pp. 126-132, 2013.
- [181] Ü. Ayata, “Isıl işlem görmüş (thermowood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su-bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış uv yaşlandırma etkisine karşı direncinin belirlenmesi,” Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2014.
- [182] A. Beram, “Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi: İroko örneği,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2015.
- [183] A. Önduran, “Endüstriyel ahşap doğrama performansına ısıl işlem ve emprenye işleminin etkilerinin araştırılması,” Yüksek lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2015.
- [184] E. S. Kökten, “Ağaç malzemenin katalitik ısıl işlemi,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2015.
- [185] F. D. K. Tuncer, “Isıl işlemin sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun anatomik özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [186] G. Çolak, “Isıl işlemin (Thermowood yöntemi) bazı ağaç türlerinin fiziksel özellikleri, çürüklük ve hava koşullarına karşı dayanıklılığı üzerine etkileri,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2014.
- [187] M. Baydağ, “Isıl işlem ve hızlı yaşlandırma uygulanmış ağaç malzemenin dielektrik özellikleri,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2014.
- [188] O. E. Özkan, “Isıl işleme muamele edilmiş Göknar odununun biyolojik, mekanik, fiziksel ve dış ortam dayanımı özellikleri,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2013.
- [189] H. İ. Şahin, “Isıl işlemin doğal ve plantasyon ormanlarında yetişen dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) odunlarının bazı teknolojik özelliklerine etkisi,” Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2013.
- [190] A. C. Yalınkılıç, “Isıl işlemlili ağaç malzemenin mobilya üretiminde uygunluğunun araştırılması ve geliştirilmesi,” Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2013.
- [191] O. Çıtak, “Boraks ve borik asit ile emprenye edilmiş ve ısıl işleme tabi tutulmuş kayın odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2012.
- [192] D. Ulucan, “Isıl işlem koşullarının ağaç malzemenin bazı özellikleri üzerine etkisi ve yapay sinir ağları ile modellenmesi,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2012.
- [193] O. İşleyen, “Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,

- Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2012.
- [194] O. Perçin, “Isıl işlemin lamine ahşap malzemenin bazı teknolojik özelliklerine etkilerinin incelenmesi,” Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2012.
- [195] S. Ayan, “Isıl işlemlerle ahşap lamine panellerin akustik özelliklerinin belirlenmesi,” Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2012.
- [196] Anonim, (2014b, 15 Temmuz). [Online]. Erişim: <http://hobibahcemiz.net/viewtopic.php?f=54&t=8458>.
- [197] Anonim, (2014c, 15 Temmuz). [Online]. Erişim: [http://en.wikipedia.org/wiki/Alnus\\_incana](http://en.wikipedia.org/wiki/Alnus_incana).
- [198] T. Karki, “Grey Alder (Alder İncana) As a Raw Material For Mechanical Wood Processing in Finland,” Academic Dissertation, Joensuu Tutkimusasema, 2000.
- [199] Anonim, (2014a, 15 Temmuz). [Online]. Erişim: [http://www.americanhardwood.org/fileadmin/docs/publications/turkish/TURKISH\\_Species\\_LORES.pdf](http://www.americanhardwood.org/fileadmin/docs/publications/turkish/TURKISH_Species_LORES.pdf).
- [200] Anonim, (2014d, 15 Temmuz). [Online]. Erişim: [http://tr.wikipedia.org/wiki/Ak\\_kavak](http://tr.wikipedia.org/wiki/Ak_kavak).
- [201] Anonim, (2017, 18 Nisan). [Online]. Erişim: <http://www.wooddatabase.com/lumber-identification/hardwoods/white-poplar/>
- [202] Anonim, (2014e, 15 Temmuz). [Online]. Erişim: [http://tr.wikipedia.org/wiki/Ak\\_söğüt](http://tr.wikipedia.org/wiki/Ak_söğüt).
- [203] Anonim, (2017, 15 Mart). [Online]. Erişim: <http://www.wooddatabase.com/lumber-identification/hardwoods/white-willow/>
- [204] A. Sönmez ve M. Budakçı, “Ağaç İşlerinde Üst Yüzey İşlemleri II- Koruyucu Katman ve Boya / Vernik Sistemleri, Ankara, Türkiye: Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, 2004, ss. 1-142.
- [205] A. Sönmez, “Ağaçtan yapılmış mobilya üstyüzeylerinde kullanılan verniklerin önemli mekanik fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları,” Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 1989.
- [206] C. Özür, Basılmamış seminer notları, 1985.
- [207] Dyo, Teknik Bülten, 1989.
- [208] N. Şanıvar, “Ağaç İşleri Üst Yüzey İşlemleri,” İstanbul, Türkiye: Milli Eğitim Basımevi, ss. 1-120, 1978.
- [209] A. Keiler, “Conventional Waterborne Paints, UV-Curing Water-Borne Paints or UV, Waterborne Paints,” 26<sup>th</sup> Industrial Paint Seminar, Rosenheim, Germany, 1996.
- [210] J. Rich, “Waterborne coatings,” *Journal of Coating Technology*, vol. 69, no: 864, 1997.
- [211] J. M. Friel, “*Paint and Coating Testing Manual*,” Philadelphia, United States of America (USA): ASTM special technical publication, 14. edition of the Gardner-Sward handbook, 1995, Chapter 6: acrylic polymers as coating binders.

- [212] L. S. Leonard, D. L. Bouldin and J. A. Martz, "Finishing Eastern Hardwoods, Transparent Film Forming Coatings," *Forest Product Research Society*, 1983.
- [213] N. Engler, "Finishing," Pennsylvania, United States of America (USA): Rodale Press-Emmaus, 1992, Chapter 6, applying the finish.
- [214] H. F. Payne, "Organic Coating Technology," New York, United States of America (USA): John Wiley and Sons, volume I, 1954, pp. 277-299.
- [215] B. Baysal, "Polimer Kimyası," Cilt:1, Ankara, Türkiye: Fen ve Edebiyat Fakültesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Polimerizasyon Reaksiyonları, Yayın No: 33, 1981.
- [216] Kimetsan, Firma Kataloğu, Ankara, Türkiye, 1999.
- [217] M. Budakçı, "Pnömatik Adezyon Deney Cihazı Tasarımı, Üretimi Ve Ahşap Verniklerinde Denenmesi," Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2003.
- [218] C. Söğütü, "Bazı Yerli Ağaç Türlerinin Kündekâri Yapımında Kullanım İmkanları," Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2004.
- [219] Kondisyonlama ve /veya Deney İçin Standart Atmosferler-Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, TS 642 ISO 554, Ankara, 1997.
- [220] Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 2471, 2005.
- [221] Standard Practice for Determination of Resistance of Factory Applied Coatings on Wood Products of Stain and Reagents, American Society for Testing and Materials, ASTM D-3023, 1998.
- [222] Standard Specification for Standart Environment for Condintioning and Testing Point Varnish, Lacquer and Related Materials, ASTM, USA, ASTM-D 3924, 1991.
- [223] Standard Practice For Operating Fluorescent Light Apparatus For UV Exposure Of Nonmetallic Materials, ASTM, USA, pp. 2-8, ASTM G 154-06, 2006.
- [224] Standard Test Methods for Nonvolatile Content of Varnishes, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, USA., ASTM D 1644-01, 2006.
- [225] Standard Test Method For Nondestructive Measurement Of Dry Film Thickness Of Applied Organic Coatings Using An Ultrasonic Gage, ASTM D 6132, 2008.
- [226] Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 2470, 2005.
- [227] Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 2472, 2005.
- [228] Standard practice for calculation or color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM Standards, A.B.D., pp. 1-13, ASTM D 2244-3, 2007.
- [229] A. Çağlar ve K. Yamanel, "Diş renginin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler," *Ankara Dişhekimleri Odası Klinik Bilimler Dergisi*, c. 2, s. 1, ss. 49-54, 2007.

- [230] Paints and varnishes - Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, ISO 2813, 1994.
- [231] A. Sönmez, "Ağaç İşlerinde Üst Yüzey İşlemleri 1-Hazırlık ve Renklendirme," Ankara, Türkiye: Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 2000, ss. 3-26.
- [232] B. Kazan, "Su bazlı vernik uygulanmış yüzey üzerindeki ısı işlemin etkileri," Yüksek lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 2009.
- [233] K. McCormick and P. Tas, "Application 1.0 portable gloss measurement," 1999. (2013, 4 Nisan). [Online]. Erişim: <https://www.tappi.org/content/etnewsletters/eplace/2006/16-McCormick..pdf>
- [234] D. J. Shaw, "Introduction to colloid and surface chemistry," Second Edition, Department of Chemistry, *Liverpool Polytechnic*, 1970.
- [235] R. G. Craig and J. M. Powers, "Restorative dental materials," *11th Edition*, Mosby Company, Toronto, 2002.
- [236] R. W. Philips, K. J. Anusavice, "Philips' science of dental materials," *11th Edition*, Saunders Company, Philadelphia, 2007.
- [237] M. Kanehira, W. J. Finger and M. Komatsu, "Surface detail reproduction with new elastomeric dental impression materials," *Quint International*, vol. 38, no. 6, pp. 479-88, 2007.
- [238] W. J. O'Brien, "Dental materials and their selection," *Quintessence Publishing Company*, 2002.
- [239] J. Bodig, "Wettability related to gluabilities of five philippine mahoganies," *Forest Products Journal*, vol. 12, no. 6, pp. 265-270, 1962.
- [240] M. Sernek, P. Gérardin, and M. Pétrissans, "Impact of Heat Treatment on the Wettability of Wood," *Lit Verlag*, 2010.
- [241] Y. U. Aslan, "Farklı ölçü maddelerinin boyutsal stabilite ve doğruluk, yüzey detayı, değme açısı ve ıslanabilirlik açısından değerlendirilmesi," Doktora tezi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2012.
- [242] O. Unsal, Z. Candan and S. Korkut, "Wettability and roughness characteristics of modified wood boards using a hot-press," *Industrial Crops and Products*, vol. 34, no. 3, pp. 1455-1457, 2011.
- [243] J. M. Rodriguez and D. W. Bartlett, "The dimensional stability of impression materials and its effect on in vitro tooth wear studies," *Dental Materials*, vol. 27, no. 3, pp. 253-258, 2010.
- [244] Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 2595, 1977.
- [245] Odunun statik eğilme dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 2474, 1976.
- [246] Odunun çarpmada eğilme dayanımının tayini Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 2477, 1976.
- [247] Standard Test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion

- testers, American Society for Testing and Materials, pp. 12-15, ASTM D 4541, 1995.
- [248] M. Budakçı, “Pnömatik adezyon deney cihazı tasarımı ve üretimi (Doktora tezinden üretilmiştir),” *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi*, c. 9, s. 1, ss. 53-58, 2006.
- [249] C. Taşcıoğlu and M. Budakçı, “Adhesion properties of woods treated with copper based wood preservative chemicals,” *Wood Research*, vol. 54, no. 3, pp. 23-32, 2009.
- [250] Odunun statik sertliğinin tayini, I. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 2479, 1976.
- [251] Anonim, *SPSS Base 12.0 User's Guide*, 1. baskı, Chicago, USA: SPSS Institute Incorporated, 2003, pp. 1-703.
- [252] M. J. Boonstra, J. Van Acker and A. Pizzi, “Anatomical and molecular reasons for property changes of wood after full-scale industrial heat treatment,” *Paper of the 3rd European Conference on Wood Modification*, Zürich, Swiss, 2007b, pp. 343-358.
- [253] B. Esteves, I. J. Domingos and H. M. Pereira, “Pine wood modification by heat treatment in air,” *BioResources*, vol. 3, no. 1, pp. 142-154, 2008a.
- [254] J. E. Winandy and P. K. Lebow, “Modeling wood strength as a function of chemical composition: An individual effects model,” *Wood and Fiber Science*, vol. 33, no. 2, pp. 239-254, 2001.
- [255] C. I. Chang and C. T. Keith, “Properties of heat-darkened wood. II. Mechanical properties and gluability,” Eastern forest products laboratory, Canada, Rep. No. OPX214E, 1978.
- [256] N. Todorovic, Z. Popovic, G. Milić and R. Popadic, “Estimation of heat-treated beechwood properties by color change,” *BioResources*, vol. 7, no. 1, pp. 799-815, 2012.
- [257] B. Güller, “Effects of heat treatment on density, dimensional stability and color of *Pinus nigra* wood,” *African Journal of Biotechnology*, vol. 11, no. 9, pp. 2204-2209, 2012.
- [258] A. Tozluoğlu, S. Korkut, Y. Çöpür ve A. Aytin, “Yabani Kiraz odununun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine ısıl işlemin (ThermoWood Methodu) etkisi,” *II. Ulusal Mobilya Kongresi*, Denizli, Türkiye, 2013, s. 25.
- [259] M. M. Gonzales-Peña and M. D. Hale, “Colour in thermally modified wood of beech, Norway spruce and Scots pine. Part 1: Colour evolution and colour changes,” *Holzforschung*, vol. 63, no. 4, pp. 385-393, 2009.
- [260] J. D. MacLean, “Rate of disintegration of wood under different heating conditions,” *Proceedings of the American Wood Protection Association*, vol. 47, no. 1, pp. 155-169, 1951.
- [261] A. Zaman, R. Alén and R. Kotilainen, “Thermal behaviour of scots pine and silverbirch at 200-230 °C,” *Wood and Fiber Science*, vol. 32, no. 2, pp. 138-143, 2000.
- [262] X. J. Li, Z. Y. Cai, Q. Y. Mou, Y. Q. Wu and Y. Liu, “Effects of heat treatment on some physical properties of douglas fir (*pseudotsuga menziesii*) wood,”

- Advanced Materials Research*, vol. 197, pp. 90-95, 2011.
- [263] P. Niemz, T. Hofmann and T. Rétfalvi, "Investigation of chemical changes in the structure of thermally modified wood," *Maderas Ciencia Y Tecnologia*, vol. 12, no. 2, pp. 69-78, 2010.
- [264] G. Gündüz and D. Aydemir, "Some physical properties of heat-treated hornbeam wood," *Wood Drying Tecnology*, vol.27, no. 5, pp. 714-720, 2009.
- [265] B. Kaygin, G. Gokhan and D. Aydemir, "Some physical properties of heat-treated paulownia wood," *Drying Tecnology*, vol. 27, no. 1, pp. 89-93, 2009.
- [266] H. M. Akyıldız, S. Ateş and H. Özdemir, "Technological and chemical properties of heat-treated anatolian black pine wood," *African Journal of Biotechhnology*, vol. 8, no. 11, pp. 2565-2572, 2009.
- [267] S. M. Kortelainen, T. Antikainen and P. Viitainiemi, "The water absorption of sapwood and heartwood of Scots pine and Norway spruce heat-treated at 170 °C, 190 °C, 210 °C and 230°C," *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, vol. 64, no. 3, pp. 192-197, 2006.
- [268] S. Ateş, M.H. Akyıldız and H. Özdemir, "Effects of heat treatment on Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) wood," *BioResources*, vol. 4, no. 3, pp. 1032-1043, 2009.
- [269] M. Altınok, O. Perçin ve Ş. Doruk, "Isıl İşlemin (Thermo-Process) ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisinin incelenmesi," *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 23, 2010.
- [270] G. Karakaş, "Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi," Y. Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 2008.
- [271] V. Kamperidou, I. Barboutis and V. Vasileiou, "Response of colour and hygroscopic properties of Scots pine wood to thermal treatment," *Journal Of Forestry Research*, vol. 24, no. 3, pp. 571-575, 2013.
- [272] Š. Barčík, M. Gašparík and E. Y. Razumov, "Effect of temperature on the color changes of wood during thermal modification," *Cellulose Chemistry and Technology*, vol. 49, no. 9-10, pp. 789-798, 2015.
- [273] O. Dirckx, T. Trouy, A. Merlin and X. Deglise, "Wood photodiscolouration of *Abies grandis* under solar light exposure," *Annales des Sciences Forestieres*, 1992.
- [274] A. McDonald, M. Fernandez and B. Kreber, "Chemical and UV-VIS spectroscopic study on kiln brown stain formation in *Radiata* pine," *In 9th International Symposium of Wood and Pulping Chemistry*, Montreal, Canada, 1997, pp. 1-70.
- [275] L. Dzurenda, "Modification of wood colour of *Fagus sylvatica* L. to a brown-pink shade caused by thermal treatment," *Wood Research*, vol. 58, no. 3, pp. 475-482, 2013.
- [276] M. Inoue, M. Norimoto, M. Tanahashi and R.M. Rowell, "Steam or Heat Fixation of Compressed Wood," *Wood and Fiber Science*, vol. 25, no. 3, pp. 224-235, 1993.
- [277] S. Yaşar, "Kızılcım Ekstraktif Maddelerinde Isıl İşlem Uygulanması Sonucu Oluşan Renk Değişimleri Üzerine Araştırma," *Süleyman Demirel Üniversitesi*

*Orman Fakültesi Dergisi*, seri: A, s. 1, ss. 95-100, 2009.

- [278] M. Budakçı, A. Özçifçi, H. Çınar and A. Sönmez, "Effects of application methods and species of wood on color changes of varnishes," *African Journal of Biotechnology*, vol. 8, no. 21, pp. 5964-5970, 2009.
- [279] M. Akkuş, "Renk Açma İşleminin Termal Modifikasyon Yapılmış Bazı Ağaç Malzemelere Etkisi," Yüksek lisans tezi, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2012.
- [280] B. Esteves, A. V. Marques, I. Domingos and H. Pereira, "Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood," *Wood Science and Technology*, vol. 42, no. 5, doi: 10.1007/s00226-007-0157-2, pp. 369-384, 2008.
- [281] D. N. S. Hon and N. Minemura, "Wood and Cellulosic Chemistry," New York, USA: Marcel Dekker, 2001, Color and discoloration, pp. 385-442.
- [282] V. Kamperidou and P. Barmoutis, "Correlation between the changes of colour and mechanical properties of thermally modified scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) wood," *Pro Ligno*, vol. 11, no. 4, pp. 360-365, 2015.
- [283] B. Sundqvist, O. Karlsson and U. Westermark, "Determination of formic-acid and acetic acid concentrations formed during hydrothermal treatment of birch wood and its relation to colour, strength and hardness," *Wood Science and Technology*, vol. 40, no. 7, pp. 549-561, 2006.
- [284] N. Gierlinger, D. Jacques, M. Grabner, R. Wimmer, M. Schwanninger, P. Rozenberg and L. E. Paques, "Colour of larch heartwood and relationships to extractives and brown-rot decay resistance," *Trees-Structure and Function*, vol. 18, no. 1, doi: 10.1007/s00468-003-0290-y, pp. 102-108, 2004.
- [285] P. H. G. Cademartori, B. D. Mattos, A. L. Missio and D. A. Gatto, "Colour responses of two fast-growing hardwoods to two-step steam-heat treatments," *Materials Research-Ibero-American Journal of Materials*, vol. 17, no. 2, doi: 10.1590/s1516-14392014005000031, pp. 487-493, 2014a.
- [286] E. Saygin, "Reçine Temizleme İşleminin Su Bazlı Verniklerin Katman Performansına Etkisi," Yüksek lisans tezi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2016.
- [287] M. Geçer, "Borlu emprenye maddeleri ile ön işleme tabi tutulan kayın odunundan hazırlanan odun polimer kompozitlerinin fiziksel, mekanik, termal ve üst yüzey özellikleri," Yüksek lisans tezi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye, 2015.
- [288] L. Tolvaj and O. Faix, "Artificial ageing of wood monitored by DRIFT spectroscopy and CIE L\* a\* b\* color measurements, 1. Effect of UV light," *Holzforschung*, pp. 397-404, 1995.
- [289] P. Čermák and A. Dejmal, "The effect of heat and ammonia treatment on colour response of oak wood (*Quercus robur*) and comparison of some physical and mechanical properties," *Maderas Ciencia y Tecnología*, vol. 15, no. 3, pp. 375-389, 2013.
- [290] M. Weigl, U. Müller, R. Wimmer and C. Hansmann, "Ammonia vs. thermally modified timber—comparison of physical and mechanical properties," *European Journal of Wood and Wood Products*, vol. 70, no. 1-3, pp. 233-239, 2012.

- [291] P. L. Real, J. L. Gardette and A. P. Rocha, "Artificial simulated and natural weathering of poly (vinyl chloride) for outdoor applications: the influence of water in the changes of properties," *Polymer Degradation and Stability*, vol. 88, pp. 357-362, 2005.
- [292] Anonim, (2018, 28 Mayıs). [Online]. Erişim: <http://www.dyo.com.tr/dyo/doc/985-massiveline-tr.pdf>.
- [293] Anonim,(2018, 28 Mayıs). [Online]. Erişim: <http://www.hemel.com.tr/tr/urunler/deck-ve-bahce/hemel-deck-oil-deck-yagi#.WwPqp-6FOM8>
- [294] Ü. Ayata, S. Sahin, B. Esteves and L. Gurleyen, "Effect of Thermal Aging on Colour and Glossiness of UV System Varnish-applied Laminated Parquet Layers," *BioResources*, vol. 13, no. 1, pp. 861-868, 2017.
- [295] A. D. Skaja, S. G. Croll, "Quantitative ultraviolet spectroscopy in weathering of a model polyester-urethane coating," *Polymer Degradation and Stability*, vol. 79, pp. 123-131, 2003.
- [296] W. C. Feist, "Painting And Finishing Wood For Use Outdoor," *Forest Product Laboratory Report*, pp. 401-454, 1984.
- [297] L. Rosengvist and B. Lindberg, "Scandinavian paint and printing ink," *Research Institute Report*, vol. 17, no. 83, pp. 5-39, 1983.
- [298] L. Gurleyen, U. Ayata, B. Esteves and N. Cakicier, "Effects of heat treatment on the adhesion strength, pendulum hardness, surface roughness, color and glossiness of Scots pine laminated parquet with two different types of UV varnish application," *Maderas. Ciencia y Tecnología*, vol. 19, no. 2, pp. 213-224, 2017.
- [299] D. Johansson, "Heat Treatment of Solid Wood, Effect on Absorption, Strength And Colour," Doctoral Thesis, Division of Wood Material Science, Lulea University of Technology, Skellefteå Campus, Skellefteå-Sweden, ISSN:1402-1544, 2008.
- [300] A. Sikora, F. Kačík, M. Gaff, V. Vondrová, T. Bubeníková and I. Kubovský, "Impact of thermal modification on color and chemical changes of spruce and oak wood," *Journal of Wood Science*, pp. 1-11, 2018.
- [301] N. Ayadi, F. Lejeune, F. Charrier, B. Charrier and A. Merlin, "Color stability of heat-treated wood during artificial weathering," *Holz als Roh-und Werkstoff*, vol. 61, no. 3, pp. 221-226, 2003.
- [302] M. Budakçi ve M. Karamanoğlu, "Açık Hava Koşullarının Odunun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkileri," *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 14, sayı 1, ss. 37-47, 2014.
- [303] A. Temiz, Ü. C. Yıldız, H. Kırıcı, E. D. Gezer, S. Yıldız, "Odunun fotodegradasyonu," *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, vol. 5, no. 2, pp. 145-156, 2004.
- [304] A. Y. Bozkurt, N. Erdin, "Odun Anatomisi," İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi, 2000.
- [305] W. E. Hillis, "The role of wood characteristics in high temperature drying," *Journal Industrial Wood Science*, vol. 7, no. 2, pp. 60-67, 1975.
- [306] S. Z. Chow and H. N. Mukai, "Effect of thermal degradation of cellulose on wood polymer bonding," *Wood Science*, vol. 4, no. 4, pp. 202-208, 1972.

- [307] L. D. Mendez-Mejias and R. Moya, "Effect of thermo-treatment on the physical and mechanical, color, fungal durability of wood of tectona grandis and gmelina arborea from forest plantations," *Materials Science*, vol. 24, no. 1, pp. 59-68, 2018.
- [308] H. İ. Kesik, "Değişik kimyasallar ile ön işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde su bazlı verniklerin katman performansı," Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2009.
- [309] N. Terziev, J. Boutelje and O. Söderström, "The influence of drying schedules on the redistribution of low molecular weight sugars in Pinus sylvestris L.," *Holzforschung*, vol. 47, no. 1, pp. 3-8, 1993.
- [310] M. Sehlstedt-Persson, "Colour responses to heat-treatment of extractives and sap from pine and spruce," *Proceedings 8th International IUFRO Wood Drying Conference*, Brasov, Romania, 2003, pp. 459-464.
- [311] G. Ulay ve N. Çakıcıer, "Yat ve tekne imalatında kullanılan ağaç türlerine uygulanan hızlandırılmış yaşlandırma (QUV) işleminin koruyucu katman üzerine etkisi," *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, c. 6, sayı 3, ss. 212-218, 2017.
- [312] Ü. Ayata ve N. Çakıcıer, "Isıl işlem görmüş (Thermowood) ve su-bazlı vernik uygulanmış bazı ağaç türlerinde hızlandırılmış UV yaşlandırmanın yüzey parlaklık değişimlerinin belirlenmesi," *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, vol. 6, no. 3, ss. 1236-1248, 2017.
- [313] A. Sönmez ve M. Budakçı, "Vernik katman kalınlığının parlaklığa etkisi," *Politeknik Dergisi*, c. 12, s. 3, ss. 747-757, 1999.
- [314] E. Baysal, S. Degirmentepe, H. Toker ve T. Turkoglu, "Some mechanical and physical properties of AD-KD 5 impregnated and thermally modified Scots pine wood," *Wood Research*, vol. 59, no. 2, pp. 283-296, 2014.
- [315] M. Pétrissans, G. Philippe, I. El Bakali and M. Serraj, "Wettability of heat-treated wood," *Holzforschung*, vol. 57, pp. 301-307, 2003.
- [316] M. Hakkou, M. Pétrissans, A. Zoulalian and P. Gérardin, "Investigation of wood wettability changes during heat treatment on the basis of chemical analysis," *Polymer Degradation and Stability*, vol. 89, pp. 1-5, 2005.
- [317] D. Kocafee, S. Poncsak, J. Tang and M. Bouazara, "Effect of heat treatment on the mechanical properties of North American jack pine," thermogravimetric study, *Journal Of Materials Science*, vol. 45, no. 3, pp. 681-687, 2010.
- [318] B. F. A. Bakar, S. Hızıroglu and M.T. Paridah, "Properties of some thermally modified wood species," *Materials and Design*, vol. 43, pp. 348-355, 2013.
- [319] H. J. Buscher, A. W. Pelt, P. Boer, H. P. Jong and J. Arends, "The effect of surface roughness of polymers on measured contact angles of liquids," University of Groningen, Laboratory for Material Technica, The Netherlands, Unpublished Report, 1983.
- [320] B. Esteves, I. Domingos and H. Pereira, "Improvement of technological quality of eucalypt wood by heat treatment in air at 170-200 °C," *Forest Products Journal*, vol. 57, no. 1/2, pp. 47-52, 2007.
- [321] H. Pecina and O. Paprzycki, "Wechselbeziehungen zwischen der temperaturbehandlung des holzes und seiner benetzbarkeit," *Holzforsch Holzverwert*, vol. 40, no. 1, pp. 5-8, 1988.

- [322] M. Hakkou, M. Pétrissans, I. El Bakali, P. Gérardin and A. Zoulalian, “Evolution of wood hydrophobic properties during heat treatment,” *In: Abstracts of the First European Conference on Wood Modification*, Ghent, Belgium, 2003.
- [323] O. Perçin ve O. Uzun, “Isıl işlem uygulanmış bazı ağaç malzemelerde yapışma direncinin belirlenmesi,” *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, vol. 15, ss. 72-76, 2014.
- [324] M. A. Kalnins ve M. T. Knaebe, “Wettability of weathered wood,” *Journal Of Adhesion Science And Technology*, vol. 6, no. 12, pp. 1325-1330, 1992.
- [325] M. Kishino and T. Nakano, “Artificial weathering of tropical woods, Part 1: Changes in wettability,” *Holzforschung*, vol. 58, no. 5, pp. 552-557, 2004.
- [326] X. Huang, D. Kocaefe, Y. Kocaefe, Y. Boluk and A. Pichette, “Changes in wettability of heat-treated wood due to artificial weathering,” *Wood Science And Technology*, vol. 46, no. 6, pp. 1215-1237, 2012.
- [327] M. S. Sweet and J. E. Winandy, “Influence of degree of polymerization of cellulose and hemicellulose on strength loss in fire-retardant-treated southern pine,” *Holzforschung*, vol. 53, no. 3, pp. 311-317, 1999.
- [328] P. Borysiuk, M. Mamiński, M. Grzeńkiewicz, P. Parzuchowski and A. Mazurek, “Thermally modified wood as raw material for particleboard manufacture,” *The Third European Conference on Wood Modification*, 15-16th October, Cardiff, United Kingdom, 2007, pp. 227-230.
- [329] M. M. González-Peña and M. D. C. Hale, “The relationship between mechanical performance and chemical changes in thermally modified wood,” *The Third European Conference on Wood Modification*, 15-16th October, Cardiff, United Kingdom, 2007, pp. 169-172.
- [330] W. C. Feist and J. Sell, “Weathering behavior of dimensionally stabilized wood treated by heating under pressure of nitrogen gas,” *Wood Fiber Science*, vol.19, pp. 183-195, 1987.
- [331] S. Korkut, “The effects of heat treatment on some technological properties in Uludağ fir wood,” *Building and Environment*, vol. 43, no. 4, pp. 422-428, 2008.
- [332] S. Korkut, M. S. Kök, D. S. Korkut and T. Gurkeyen, “The effects of heat treatment on technological properties in red-bud maple wood,” *BioResource Technology*, vol. 99, no. 6, pp. 1538-1543, 2008.
- [333] S. Yıldız, E. D. Gezer and U. C. Yıldız, “Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat,” *Building and Environment*, vol. 41, no. 12, doi: 10.1016/j.buildenv.2005.07.017, pp. 1762-1766, 2006.
- [334] J. E. Winandy, “Effects of fire retardant treatments after 18 months of exposure at 150 F (66 C),” *United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory*, vol. 264, 1995.
- [335] A. Kass, F. F. Wangaard and H. A. Schroeder, “Chemical degradation of wood: the relationship between strength retention and pentosan content,” *Wood and Fiber Science*, vol. 2, no. 1, pp. 31-39, 1970.
- [336] R. L. Whistler and C.-C. Chen, “Hemicelluloses,” New York, ABD: Marcel Decker, Inc., in: Lewin, Goldstein (Eds.),1991, Wood structure and composition, International fiber science and technology series, vol. 11, pp. 287–320.

- [337] M. Vernois, "Review on heat treatments of wood," Heat treatment of wood in France–state of the art., *In Proceedings of the Special Seminar, Environmental Optimization of Wood Protection*, 2001, pp. 39-46.
- [338] J. L. Shi, D. Kocaefe and J. Zhang, "Mechanical behaviour of Quebec wood species heat-treated using ThermoWood process," *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, vol. 65, no. 4, pp. 255-259, 2007.
- [339] C. Bengtsson, J. Jermer and R. Brem, "Bending strength of heattreated spruce and pine timber," *International Research Group on Wood Protection*, Stockholm, Doc. No. IRG/WP 02-40242, 2002.
- [340] S. Yildiz, G. Colakoglu, U. C. Yildiz, E. D. Gezer and A. Temiz, "Effects of heat treatment on modulus of elasticity of beech wood," *International Research Group on Wood Protection*, IRG/WP 02-40222, 2002.
- [341] D. Mayes and O. Oksanen, "*Thermowood Handbook*," Helsinki, Finland: Finnforest, 2002, pp. 5-15.
- [342] M. Borrega, "Mechanisms affecting the structure and properties of heat-treated and high-temperature dried Norway spruce (*Picea abies*) wood," *Dissertationes Forestales, Faculty of Science and Forestry University of Eastern Finland, Finlandiya*, 2011.
- [343] K. R. Won, T. H. Kim, K. K. Hwang, S. H. Chong, N. E. Hong and H. S. Byeon, "Effect of heat treatment on the bending strength and hardness of wood," *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, vol. 40, no. 5, pp. 303-310, 2012.
- [344] K. Srinivas and K. K. Pandey, "Photodegradation of thermally modified wood," *Journal of Photochemistry and Photobiology B-Biology*, vol. 117, pp. 140-145, 2012.
- [345] P. H. Gonzalez de Cademartori, E. Schneid, D. A. Gatto, R. Beltrame and D. M. Stangerlin, "Modification of static bending strength properties of eucalyptus grandis heat-treated wood," *Materials Research*, vol. 15, no. 6, pp. 922-927, 2012.
- [346] Ş. Doruk ve O. Perçin, "Isıl işlemin bazı ağaç malzemelerin eğilme ve basınç direncine etkileri," *Politeknik dergisi*, c. 13, s. 2, 2010.
- [347] A. Kass, F. F. Wangaard and H. A. Schroeder, "Chemical degradation of wood: the relationship between strength retention and pentosan content," *Wood and Fiber Science*, vol. 2, no. 1, pp. 31-39, 2007.
- [348] İ. Baştuğ, "Isıl İşleme Maruz Bırakılan Lamine Ağaç Malzemenin Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi," Yüksek lisans tezi, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2010.
- [349] B. C. Bal and İ. Bektaş, "The Effects of Heat Treatment on Some Mechanical Properties of Juvenile Wood and Mature Wood of *Eucalyptus grandis*," *Drying Technology*, vol. 31, pp. 479-485, 2013.
- [350] M. Budakçı ve A. Sönmez, "Bazı ahşap verniklerin farklı ağaç malzeme yüzeylerindeki yapışma direncinin belirlenmesi," *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c.25, s. 1, 2010.
- [351] A. Sönmez ve M. Budakçı, "Tahta koruyucunun dış cephe verniklerinin yapışma direncine etkisi," *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 14, s. 2, ss. 305-314, 2001.

- [352] New York Paint and Varnish Production Clup, "Quantitative adhesion measurement of coatings before and after exposure," *Ibid*, Chicago, 1941.
- [353] P. T. Brown and E. W. Garnish, "Adhesion as a factor in the performance of surface coatings," *Journal Oil and Colour Chemists, Association, JOCCA*, vol. 50, no. 4, pp. 331, 1967.
- [354] J. M. Black, D. F. Laugnan, E. A. Mraz, "Naturel finishing research," *Department of Agriculture Service, Madison, Forest Products Laboratory, U.S.A*, vol. 46, 1979.
- [355] D. Kocafe, S. Poncsak and Y. Bölük, "Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and apsen," *BioResources*, vol. 3, no. 2, pp. 517-537, 2008a.
- [356] V. Kamperidou, I. Barboutis and V. Vasileiou, "Influence of thermal treatment on mechanical strength of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood," *Wood Research*, vol. 59, no. 2, pp. 373-378, 2014.
- [357] S. O. Araújo, B. R. Vital, B. Oliveira, A. Cássia, O. Carneiro, A. Lourenço and H. Pereira, "Physical and mechanical properties of heat treated wood from *Aspidosperma populifolium*, *Dipteryx odorata* and *Mimosa scabrella*," *Maderas Ciencia y Tecnología*, vol. 18, no. 1, pp. 143-156, 2016.
- [358] P. Kasemsiri, S. Hiziroglu and S. Rimdusit, "Characterization of heat treated Eastern redcedar (*Juniperus virginiana* L.)," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 212, no. 6, pp. 1324-1330, 2012.
- [359] S. Korkut and S. Hiziroglu, "Effect of heat treatment on mechanical properties of hazelnut wood (*Corylus colurna* L.)," *Materials & Design*, vol. 30, no. 5, pp. 1853-1858, 2009.
- [360] S. Jämsä and P. Viitaniemi, "Heat treatment of wood better durability without chemicals," *Proceedings of Special Seminar*, In: Rapp AO editor, Review on heat treatments of wood," Cost action E22, Antibes, France, 2001, pp. 17-22.
- [361] S. Korkut and S. Hiziroglu, "Selected properties of heat-treated eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana* L.) wood," *BioResources*, vol. 8, no. 3, pp. 4756-4765, 2013.

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Tuğba GÜRLEYEN  
Doğum Tarihi ve Yeri : 07.08.1979 Gaziantep  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : tugbagurleyen@duzce.edu.tr

## ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi	Gazi Üniversitesi	2005
Lisans	Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi	Gazi Üniversitesi	2002
Lise	Fen Bilimleri	Gaziantep Lisesi	1997

## Projelerde Yaptığı Görevler

- Isıl İşlem Görmüş Bazı Ağaç Türlerine Uygulanan Sentetik Vernik, Su-Bazlı Vernik Ve Tik Yağı Katmanlarının Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Etkisine Karşı Direncinin Saptanması, ARAŞTIRMA PROJESİ, Araştırmacı, 09/07/2014 - 15/12/2015 (ULUSAL)
- Farklı Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemelerin İşlenmesinde Uygun Makine Kesici Özellikleri ve Kesme Teorisi Kriterlerinin Belirlenmesi, ARAŞTIRMA PROJESİ, Araştırmacı, 28/08/2007 - 05/07/2011 (ULUSAL)

## İdari Görevler

Bölüm Başkan Yardımcılığı - Düzce Üniversitesi/Meslek Yüksekokulu/Teknik Programlar Bölümü-2008-2009

Müdür Yardımcılığı- Düzce Üniversitesi/Meslek Yüksekokulu-2014-2016

## Eserler

### Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. Korkut, S., Kök, M. S., Korkut, D. S., Gürleyen, T., 2008., "The Effects of Heat Treatment on Some Technological Properties in Red-Bud Maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood," *Bioresource Technology*, 99 (6): 1538–1543
2. Budakçı, M., İlçe C.A., Korkut, D. S., Gürleyen, T., 2011., "Evaluating the Surface Roughness of Heat-Treated Wood Cut with Different Circular Saws," *BioResources*, 6(4), 4247- 4258
3. Budakçı, M., İlçe C.A., Gürleyen, T., Utar M., 2013., "Determination of the Surface Roughness of Heat-Treated Wood Materials Planed by the Cutters of a Horizontal Milling Machine," *BioResources*, 8(3), 3189-3199
4. Ayata Ümit, Levent Gürleyen, Bruno Esteves, Gürleyen Tuğba, Çakıcıer Nevzat (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., Doi: 10.15376/biores.12.2.3876-3889 (Yayın No: 3574822)

### Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. 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), Doi: 10.12841/wood. 1644-3985.227.03 (Yayın No: 4206990)

### Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler:

1. Ayata Ümit, Gürleyen Tuğba, Gürleyen Levent, Esteves Bruno, Sivrikaya Hüseyin, Can Ahmet (2017). ThermoWood metodu ile ısıl işlem görmüş İsveç çamı, Sibiryaya çamı ve sarıçam odunlarında bazı yüzey özelliklerinin belirlenmesi. 1. Uluslararası İleri Araştırmalar ve Mühendislik Kongresi (IAREC2017), 856-862. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3646254)
2. Gürleyen Tuğba, Ayata Ümit, Gürleyen Levent, Esteves Bruno (2017). Isıl işlem (ThermoWood method) görmüş akçaağaç, kayın, kızılçam ve dişbudak odunlarında renk ve parlaklık değerlerinin belirlenmesi. 1. Uluslararası İleri Araştırmalar ve Mühendislik Kongresi (IAREC2017), 752-759. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3646249)
3. Gürleyen Tuğba, Güler Cengiz, Ünsal Öner (2017). Bazı Ağaç Türlerine Uygulanan Janka Sertlikdirencinde Isıl İşlemin (Thermowood) Etkisi. 4. Uluslararası Mobilya Ve Dekorasyon Kongresi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3843132)
4. Gürleyen Tuğba, Ayata Ümit, Gürleyen Levent, Esteves Bruno, Sivrikaya Hüseyin, Can Ahmet (2017). Thermowood Metoduna Göre Isıl İşlem Görmüş Santos, Gül Ve Üvez Odunlarında renk ve parlaklık özelliklerinin belirlenmesi. 2. Uluslararası Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Konferansı, 401-407. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3640236)
5. Gürleyen Tuğba, Ayata Ümit, Gürleyen Levent, Esteves Bruno, Sivrikaya Hüseyin, Can Ahmet (2017). Tek Ve Çift Kat Uv Vernik Sistemi Uygulanmış

- Parkelerde Renk Ve Parlaklık Değerlerinin Belirlenmesi. 2. Uluslararası Malzeme Bilimi Ve Teknolojisi Konferansı, 408-412. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3640233)
6. Çakıcıer Nevzat, Ayata Ümit, Gürleyen Tuğba, Gurleyen Levent, Esteves Bruno (2017). Effects of QUV Accelerated Aging on Pendulum Hardness Resistance of Synthetic Varnish and Water-Based Varnish Layers Applied on Heat-treated (TermoWood) European Alder, American Ash, White poplar and White willow Woods. II. International Iğdır symposium, 29 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3964150)
  7. Gürleyen Tuğba, Ayata Ümit, Levent Gürleyen, Bruno Esteves (2017). Investigation of Colour and Glossiness on American Ash, European alder, White willow and White poplar Heat-treated (ThermoWood method) Wood Species. II. International Iğdır Symposium (IGDIRSEMP 2017), 183 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3703119)
  8. Gürleyen Tuğba, Ayata Ümit, Gürleyen Levent, Esteves Bruno, Çakıcıer Nevzat (2017). Üvez (Sorbus L.) Odununa Uygulanan Tek Ve Çift Kat Uv Sistem Parke Vernik Katmanlarında Renk, Parlaklık Ve Salınımsal Sertlik Değerlerinin Belirlenmesi. 5. Uluslararası Mühendislik Ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi, 1327-1336. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3641454)
  9. Ayata Ümit, Gürleyen Tuğba, Gürleyen Levent, Esteves Bruno, Çakıcıer Nevzat (2017). 212oC'de 2 Saat Süreyle Isıl İşlem Görmüş (ThermoWood) ve Tek/Çift Kat UV Sistem Parke Vernik Uygulanmış Dişbudak (Fraxinus excelsior) Odununda Bazı Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi. 5. Uluslararası Mühendislik Ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, 1318-1326. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3641456)
  10. Ayata Ümit, Gürleyen Tuğba, Gürleyen Levent, Çakıcıer Nevzat (2017). Determination of surface roughness parameters of heat-treated (ThermoWood)/untreated Scotch pine, Oak and Beech woods. 9th International Symposium of IWORS, 153 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3641442)
  11. Şahin Sırrı, Ünsal Öner, Güler Cengiz, Gürleyen Tuğba, Gürleyen Levent, Ayata Ümit (2017). Effects of heat treatment (ThermoWood) on the thermal conductivity properties of white poplar, American ash and white willow types. 13th International IUFRO Wood Drying, 183-187. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3640240)
  12. Ayata Ümit, Gürleyen Tuğba, Gürleyen Levent (2017). Effect Of Heat Treatment (Thermo Wood) On Color And Glossiness properties of zebrano, sapeli and merbau woods. 9th International Symposium of IWORS, 152 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3641439)

#### **Sanat ve tasarım etkinlikleri:**

1. Ulusal, Sergiler / Üniversitelerin düzenlediği sergiler, 19.10.2017-21.12.2017, Mobilya Ve Dekorasyon Sergisi, Düzce Üniversitesi, (No: 166312)