

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



NANOPARÇACIKLAR İLE MODİFİYE EDİLMİŞ SU BAZLI
VERNİKLERİN ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ BAZI AĞAÇ
MALZEMELERDE UV YAŞLANDIRMA ETKİSİNE KARŞI
DİRENCİNİN BELİRLENMESİ

MEHMET KARAMANOĞLU

DOKTORA TEZİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ HACİ İSMAİL KESİK

HAZİRAN - 2020

KASTAMONU

TEZ ONAYI

Mehmet KARAMANOĞLU tarafından hazırlanan “**Nanoparçacıklar İle Modifiye Edilmiş Su Bazlı Verniklerin Isıl İşlem Uygulanmış Bazı Ağaç Malzemelerde UV Yaşlandırma Etkisine Karşı Direncinin Belirlenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **16.06.2020** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir

Danışman	Dr. Öğr. Üyesi Hacı İsmail KESİK Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Mehmet BUDAKÇI Düzce Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Hüseyin PELİT Düzce Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Alperen KAYMAKCI Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Önder TOR Kastamonu Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü	Prof. Dr. İzzet ŞENER	
----------------	-----------------------	-------

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.



Mehmet KARAMANOĞLU

ÖZET

DOKTORA TEZİ

NANOPARÇACIKLAR İLE MODİFİYE EDİLMİŞ SU BAZLI VERNİKLERİN ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ BAZI AĞAÇ MALZEMELERDE UV YAŞLANDIRMA ETKİSİNE KARŞI DİRENCİNİN BELİRLENMESİ

MEHMET KARAMANOĞLU

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ HACİ İSMAİL KESİK

Bu çalışmanın amacı, nanoparçacıklar ile modifiye edilmiş su bazlı verniklerin ısı işlem uygulanmış bazı ağaç malzemelerde hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direnç özelliklerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) odunları 190 °C’de 1,5 saat ve 212 °C’de 2 saat sıcaklık ve sürede ısı işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra örnek yüzeylerine %1, %3 ve %5’lik oranlarda ZnO ve seramik kürecik nanoparçacıkları ile modifiye edilen ticari kodu D70 ve D99 olan çift bileşenli su bazlı vernikler uygulanmıştır. Ardından, örnekler ASTM G 154 esaslarına göre 240 saat hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Örneklerde FTIR ve SEM analizleri yapılmış olup, vernik katmanlarının sertliği ASTM D4366, yüzey pürüzlülüğü TS 6956 EN ISO 4287/A1, çizilme direnci TS EN 15186, yüzeye yapışma direnci ASTM D4541, ısı iletkenliği katsayıları ASTM C1113/C1113M ve toplam renk değişimi ASTM D2244 esaslarına göre belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, ZnO ve seramik kürecik nanoparçacıkların, sertlik ve çizilme direncini D99 vernikte arttırdığı, D70 vernikte ise azalttığı tespit edilmiştir. D99 vernikte kullanılan nanoparçacıklar nedeni ile yüzeye yapışma direncinin azaldığı, D70 vernikte ise sadece %5’lik ZnO ile %1’lik seramik kürecik katkılarında arttığı belirlenmiştir. Su bazlı verniklerde kullanılan nanoparçacıkların genel olarak yüzey pürüzlülüğünü azalttığı, sadece %5’lik seramik küreciğin D99 vernikte, %1’lik ZnO’ın ise D70 vernikte arttırdığı tespit edilmiştir. Verniklerin modifikasyonunda kullanılan nanoparçacıkların genel olarak ısı iletkenliği katsayısına etkisi olumsuz, sadece %5’lik seramik kürecik katkısının D99 vernikte olumlu etkisi olmuştur. Nanoparçacık katkısının toplam renk değişimi değerlerini genel olarak azalttığı, sadece %1’lik ve %3’lük ZnO katkılarının D70 vernikte artışa sebep olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Su bazlı vernik, ThermoWood, UV yaşlandırma, Nanoteknoloji, sertlik, yüzey pürüzlülüğü, çizilme, yapışma, ısı iletkenliği, renk.

Haziran 2020, 226 Sayfa
Bilim Kodu:1204

ABSTRACT

PH.D THESIS

RESISTANCE PROPERTIES OF WATER-BASED VARNISHES MODIFIED WITH NANOPARTICLES AGAINST THE AGING EFFECT OF UV ON SURFACE OF SOME THERMO-WOOD MATERIALS

MEHMET KARAMANOĞLU

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST INDUSTRIAL ENGINEERING

SUPERVISOR:ASSIST. PROF. DR. HACI İSMAİL KESİK

The aim of this study is to determine the resistance properties of water-based varnishes modified with nanoparticles against accelerated UV aging effect in some ThermoWood materials. For this purpose, American ash (*Fraxinus americana*) and scotch pine (*Pinus sylvestris* Lipsky) wood were heat treated at a temperature of 190 °C for 1,5 hours and 212 °C for 2 hours. Later two-component water-based varnishes, with D70 - D99 commercial codes, modified with 1%, 3% and 5% ZnO and ceramic spherical nanoparticles were applied to the sample surfaces. And then the samples were then subjected to accelerated aging for 240 hours according to ASTM G154. The FTIR and SEM analyses were conducted to the specimens. The hardness of varnish layers was determined by ASTM D4366, surface roughness by TS 6956 EN ISO 4287/A1, scratch resistance by TS EN 15186, surface adhesion resistance by ASTM D4541, thermal conductivity coefficients by ASTM C1113/C1113M and total color change by ASTM D2244 principles.

The results of the study indicated that ZnO and ceramic spherical nanoparticles used for modifying water-based varnishes increased the hardness and scratch resistance in D99 and decreased them in D70. The adhesion resistance decreased because of the nanoparticles used in D99 whereas it increased in D70 applied with 5% ZnO and 1% ceramic spherical additives. It was found that the nanoparticles used in water based varnishes generally decreased the surface roughness while only 5% ceramic spheres increased it in D99 and 1% ZnO increased it in D70. In this study, the effect of nanoparticles used in the modification of varnishes on the thermal conductivity coefficient in general was found not to be significant, but 5% ceramic spherical additive in D99 was found to be significant. It was also determined that the nanoparticle additives in this study generally reduced the total color change values, except 1% and 3% ZnO additives which caused an increase in D70 varnish.

KEYWORDS: Water based varnish, ThermoWood, UV aging, Nanotechnology, hardness, surface roughness, scratch, adhesion, thermal conductivity, color.

June 2020, 226 Page
Science Code:1204

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında beni yalnız bırakmayan, bilgi ve tecrübelerinden her zaman istifade ettiğim danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hacı İsmail KESİK'e şükranlarımı sunuyorum. Çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen hocalarım Sayın Prof. Dr. Mehmet BUDAKÇI'ya, Sayın Doç. Dr. Alperen KAYMAKCI'ya, Sayın Doç. Dr. Hüseyin PELİT'e ve Sayın Doç. Dr. Önder TOR'a teşekkürü borç bilirim.

Deney örneklerinin temini, testlerin yapılması ve değerlendirmesinde katkı sağlayan hocalarım Sayın Doç. Dr. Şeref KURT'a, Sayın Dr. Levent GÜRLEYEN'e, Sayın Prof. Dr. Mehmet TOPAL'a, Sayın Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI'ya, Sayın Öğr. Gör. Emre BİRİNCİ'ye, sahip oldukları imkânların kullanımını sonuna kadar açan işletmelerden Kimetsan yönetim kurulu başkanı Sayın Dr. Erol ÖZENSOY'a ve çalışanlarına, Novawood yetkililerinden Sayın İlhan ÇÖL'e, SFC Kronospan yetkililerinden Orman Endüstri Yüksek Mühendisi Sayın Kadir DOĞAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi ve Tosya Meslek Yüksekoklunda görev yapan değerli hocalarıma, kıymetli araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve personellerine desteklerinden dolayı sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Doktora çalışmasına başladığım günden itibaren üzerimdeki hakkını ve emeğini unutamadığım kıymetli hocam Merhum Prof. Dr. Mehmet Hakan AKYILDIZ'ı rahmet ve minnet ile anıyorum.

Bu çalışma süresinde, her zaman destekleriyle yanımda olan aileme ve çalışmalarım boyunca fedakâr davranan canım eşim Ferda Merve KARAMANOĞLU'na ve biricik kızım Ayşe Mina KARAMANOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

MEHMET KARAMANOĞLU

Kastamonu, 2020

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Nanoteknoloji ve Nanobilim	4
2.1.1 Nanoparçacıklar	6
2.1.1.1 Çinko oksit (ZnO) nanoparçacıkları.....	7
2.1.1.2 Seramik kürecik nanoparçacıkları.....	9
2.1.2 Nanoteknoloji ve Ağaç Malzeme	10
2.2 Ağaç Malzeme.....	12
2.2.1 Amerikan Dişbudak Odununun Özellikleri	12
2.2.1.1 Makroskopik ve mikroskopik özellikleri	12
2.2.1.2 Fiziksel ve mekanik özellikleri	12
2.2.1.3 İşlenme ve kurutma özellikleri.....	13
2.2.1.4 Dayanıklılık ve empenye edilebilme özelliği	13
2.2.1.5 Kullanış yerleri.....	13
2.2.2 Sarıçam Odununun Özellikleri	13
2.2.2.1 Makroskopik ve mikroskopik özellikleri	14
2.2.2.2 Fiziksel ve mekanik özellikleri	14
2.2.2.3 İşlenme ve kurutma özellikleri.....	15
2.2.2.4 Dayanıklılık ve empenye edilebilme özelliği	15
2.2.2.5 Kullanış yerleri.....	15
2.3 Isıl İşlem	15
2.3.1 Isıl İşlem Metotları.....	17
2.3.1.1 ThermoWood	18
2.3.1.2 PlatoWood.....	20
2.3.1.3 Sıcak yağ yöntemi (Oil Heat Treatment - OHT).....	20
2.3.1.4 Retifikasyon ve Perdur	21
2.3.2 Isıl İşlemin Ağaç Malzeme Üzerindeki Etkileri	21
2.3.2.1 Kimyasal özelliklere etkileri	21
2.3.2.2 Fiziksel özelliklere etkileri.....	25
2.3.2.3 Mekanik özelliklere etkileri	26
2.3.2.4 Yaşlanma ve UV direnci üzerine etkileri	28
2.3.2.5 Yüzey işlemi ve boyama kabiliyeti üzerine etkileri	29
2.4 Su Çözücülü (Bazlı) Sistem	30
2.5 Doğal ve Yapay Yaşlandırma.....	35

2.5.1	Doğal Yaşlandırma	35
2.5.1.1	Dış hava koşullarının yıkımlayıcı faktörleri	36
2.5.1.2	Dış ortam yaşlandırma testleri	38
2.5.2	Yapay (Hızlandırılmış) Yaşlandırma	40
2.5.2.1	Yapay (hızlandırılmış) yaşlandırma testleri	41
2.6	Literatür Özeti	44
3.	MATERYAL VE YÖNTEM	54
3.1	Materyal	54
3.1.1	Ağaç Malzeme	54
3.1.2	Vernikler	55
3.1.2.1	Nanoparçacıkların Özellikleri	57
3.2	Yöntem	62
3.2.1	Isıl İşlem Uygulaması	62
3.2.2	Deney Örneklerinin Hazırlanması	63
3.2.3	Su Bazlı (çift bileşenli) Verniklerin Uygulaması	64
3.2.4	Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Hazırlığı ve Uygulaması	64
4.	DENEME METODLARI	66
4.1	Katı Madde Oranı Tayini	66
4.2	Kuru Film Kalınlıklarının Belirlenmesi	67
4.3	Sertlik (salınımsal) Ölçümü	67
4.4	Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	68
4.5	Çizilme Direnci Ölçümü	70
4.6	Yüzeye Yapışma Direnci Ölçümü	72
4.7	Isı İletkenliği Katsayısı Ölçümü	73
4.8	Toplam Renk Değişimi Ölçümü	75
4.9	Ağaç Malzemelerin FTIR Analizi	76
4.10	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	77
4.11	Verilerin Değerlendirilmesi	78
5.	BULGULAR	79
5.1	Ağaç Malzemelerin FTIR Analizine Ait Bulgular	79
5.2	Vernik Katmanlarının SEM Analizine Ait Bulgular	81
5.3	Verniklerin Kuru Film Kalınlıklarına Ait Bulgular	86
5.4	Vernik Katmanı Sertlik Değerlerine Ait Bulgular	88
5.5	Vernik Katmanı Yüzey Pürüzlülüğüne Ait Bulgular	100
5.5.1	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (R_a^*) Değerine Ait Bulgular	100
5.5.2	On Nokta Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (R_z^*) Değerlerine Ait Bulgular	112
5.6	Vernik Katmanı Çizilme Direncine Ait Bulgular	123
5.7	Vernik Katmanı Yüzeye Yapışma Direncine Ait Bulgular	132
5.8	Vernik Katmanı Isı İletkenliği Katsayısına Ait Bulgular	145
5.9	Vernik Katmanı Toplam Renk Değişimine Ait Bulgular	157
6.	SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	171
6.1	Sertlik	171
6.2	Yüzey Pürüzlülüğü (R_a^* , R_z^*)	173
6.3	Çizilme Direnci	174
6.4	Yüzeye Yapışma Direnci	175
6.5	Isı iletkenliği Katsayısı	177
6.6	Toplam Renk Değişimi (ΔE^*)	178

6.7 Öneriler.....	179
KAYNAKLAR	183
EKLER.....	198
ÖZGEÇMİŞ.....	205



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Bilim ve teknolojideki temel gelişmeler	5
Şekil 2.2 Ağaç malzemenin farklı düzeylerden görüntüleri	11
Şekil 2.3 Isıl işlem yöntemlerinin temel karakteristiği	18
Şekil 2.4 ThermoWood işlemi aşamaları	18
Şekil 2.5 Isıl işlem sürecinde odunun ana bileşenlerinde meydana gelen kimyasal değişimler	22
Şekil 2.6 Isıl işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması	24
Şekil 2.7 Çözelti polimerizasyonu	32
Şekil 2.8 Emülsiyon polimerizasyonu mekanizması	33
Şekil 2.9 Emülsiyon-Miniemülsiyon polimerizasyon farkı	34
Şekil 2.10 Siyah kutu yaşlandırma platformu üzerine sıcaklık etkisi	38
Şekil 2.11 Dış ortamda güneş ışınının ayna ile parça üzerine yansımaları	39
Şekil 2.12 Dış ortamda Güney yönünde farklı açılarda yerleştirilen raflar	40
Şekil 2.13 Güneş ışığı ve UV-A 340 lambası ışığının dalga boyu analizi	42
Şekil 2.14 Xenon-ark lambası ısı ve güneş ışığının dalga boyu analizi	43
Şekil 3.1 Çinko oksit 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	57
Şekil 3.2 Çinko oksit 30 000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	58
Şekil 3.3 Çinko oksit 60 000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	58
Şekil 3.4 Çinko oksit 120 000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	59
Şekil 3.5 Seramik küreciğin 400 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	60
Şekil 3.6 Seramik küreciğin 500 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	60
Şekil 3.7 Seramik küreciğin 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	61
Şekil 3.8 Seramik küreciğin 3000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	61
Şekil 4.1 Sertlik ölçümünün şematik gösterimi	68
Şekil 4.2 Ortalama (Ra) ve on nokta ortalama (Rz) yüzey pürüzlülüğü	69
Şekil 4.3 Çizilme direnci cihazı şeması	70
Şekil 4.4 Görüntüleme kabini	71
Şekil 4.5 CIEL *a*b* renk alanı	76
Şekil 4.6 Bruker Alpha marka Infrared Spektrofotometresi	77
Şekil 4.7 Taramalı Elektron Mikroskobu Cihazı	77
Şekil 5.1 Kontrol örnekleri ile 190 °C ve 212 °C sıcaklıklarda ısıl işleme maruz bırakılmış çam (a) ve dişbudak (b) odunlarının FTIR analizleri	79
Şekil 5.2 Modifiyesiz (kontrol) D70 vernik katmanı SEM görüntüsü	81
Şekil 5.3 D70 vernik katmanında ZnO'nun 1 nolu SEM görüntüsü	82
Şekil 5.4 D70 vernik katmanında ZnO'nun 2 nolu SEM görüntüsü	82
Şekil 5.5 D70 vernik katmanında seramik küreciğin SEM görüntüsü	83
Şekil 5.6 Modifiyesiz (kontrol) D99 vernik katmanı SEM görüntüsü	83
Şekil 5.7 D99 vernik katmanında ZnO'nun 1 nolu SEM görüntüsü	84
Şekil 5.8 D99 vernik katmanında ZnO'nun 2 nolu SEM görüntüsü	84
Şekil 5.9 D99 vernik katmanında seramik küreciğin 1 nolu SEM görüntüsü	85
Şekil 5.10 D99 vernik katmanında seramik küreciğin 2 nolu SEM görüntüsü	85

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Amerikan dişbudak odununun fiziksel ve mekanik özellikleri	13
Tablo 2.2 Sarıçam odununun fiziksel ve mekanik özellikleri	14
Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan verniklerin içerikleri.....	55
Tablo 3.2 Çalışmada kullanılan verniklerin teknik özellikleri.....	56
Tablo 3.3 Test örnek sayıları.....	64
Tablo 5.1 Kuru film kalınlığı ortalama değerleri	87
Tablo 5.2. Sertlik değerlerine ait veriler	88
Tablo 5.3 Sertlik değeri varyans analizi sonuçları	90
Tablo 5.4 Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde sertlik değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	91
Tablo 5.5 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	91
Tablo 5.6 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	92
Tablo 5.7 Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	93
Tablo 5.8 Isıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	93
Tablo 5.9 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	94
Tablo 5.10 Ağaç türü - ısıt işlem- vernik çeşidi faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	95
Tablo 5.11 Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	96
Tablo 5.12 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	96
Tablo 5.13 Isıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	97
Tablo 5.14 Ağaç türü- Isıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	98
Tablo 5.15 Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değerlerine ait veriler	100
Tablo 5.16 Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri varyans analizi sonuçları	102
Tablo 5.17. Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	103
Tablo 5.18 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları ...	104
Tablo 5.19 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları ...	104

Tablo 5.20	Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları ...	105
Tablo 5.21	Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	106
Tablo 5.22	Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	106
Tablo 5.23	Ağaç türü - ısıt işlem- vernik çeşidi faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	107
Tablo 5.24	Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	108
Tablo 5.25	Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	108
Tablo 5.26	Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	109
Tablo 5.27	Ağaç türü - Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	110
Tablo 5.28	On Nokta Ortalama Yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değerlerine ait veriler	112
Tablo 5.29	On Nokta Ortalama Yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değeri varyans analizi sonuçları.....	114
Tablo 5.30	Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	115
Tablo 5.31	Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları ...	116
Tablo 5.32	Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	116
Tablo 5.33	Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	117
Tablo 5.34	Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	117
Tablo 5.35	Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	118
Tablo 5.36	Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	119

Tablo 5.37 Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	119
Tablo 5.38 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	120
Tablo 5.39 Isıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	121
Tablo 5.40 Ağaç türü- Isıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	122
Tablo 5.41 Çizilme direnci değerlerine ait veriler	124
Tablo 5.42 Çizilme direnci değeri varyans analizi sonuçları	126
Tablo 5.43 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde çizilme direnci değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	127
Tablo 5.44 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	128
Tablo 5.45 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	128
Tablo 5.46 Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	129
Tablo 5.47 Isıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	129
Tablo 5.48 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları	130
Tablo 5.49 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktör etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	131
Tablo 5.50 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	132
Tablo 5.51 Yüzeye yapışma direnci değerlerine ait veriler	133
Tablo 5.52 Yüzeye yapışma direnci değeri varyans analizi sonuçları	135
Tablo 5.53 Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yüzeye yapışma direnci değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	136
Tablo 5.54 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	137
Tablo 5.55 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	137
Tablo 5.56 Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	138
Tablo 5.57 Isıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	138
Tablo 5.58 Isıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	139

Tablo 5.59 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	140
Tablo 5.60 Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	141
Tablo 5.61 Ağaç türü - ısı işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	141
Tablo 5.62 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	142
Tablo 5.63 Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	143
Tablo 5.64 Ağaç türü- ısı işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	144
Tablo 5.65 Isı iletkenliği katsayısı değerlerine ait veriler.....	146
Tablo 5.66 Isı iletkenliği katsayısı değeri varyans analizi sonuçları	148
Tablo 5.67 Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ısı iletkenliği katsayısı değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	149
Tablo 5.68 Ağaç türü - ısı işlem etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	150
Tablo 5.69 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	150
Tablo 5.70. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları .	151
Tablo 5.71 Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	151
Tablo 5.72 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları .	152
Tablo 5.73 Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları .	153
Tablo 5.74 Ağaç türü - ısı işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	153
Tablo 5.75 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	154
Tablo 5.76 Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	155
Tablo 5.77 Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	156
Tablo 5.78 Toplam renk değişimi değerlerine ait veriler.....	158
Tablo 5.79 Toplam renk değişimi değeri varyans analizi sonuçları	160

Tablo 5.80 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde toplam renk değişimi değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	161
Tablo 5.81 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	162
Tablo 5.82 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	162
Tablo 5.83 Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	163
Tablo 5.84 Isıt işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	163
Tablo 5.85 Isıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	164
Tablo 5.86 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	165
Tablo 5.87 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	166
Tablo 5.88 Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	166
Tablo 5.89 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	167
Tablo 5.90 Isıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	168
Tablo 5.91 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları	169

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Fotoğraf 3.1 Kerestelerin temininden bir görünüm.....	54
Fotoğraf 3.2 Isıl işlem sonrası kerestelerden bir görünüm.....	62
Fotoğraf 3.3 Örneklerin iklimlendirilmesinden bir kesit	63
Fotoğraf 3.4 Fuji Spray Q4 Gold boya/vernik makinesi.....	64
Fotoğraf 3.5 Hızlandırılmış yaşlandırma test cihazı	65
Fotoğraf 4.1 Katı madde tayininden bir görüntü.....	67
Fotoğraf 4.2 Mitutoyo Dijital Mikrometre.....	67
Fotoğraf 4.3 Salınımsal sertlik ölçüm cihazı	68
Fotoğraf 4.4 Accretech Handysurf E 35B yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı	69
Fotoğraf 4.5 Çizilme direnci ölçüm cihazı.....	71
Fotoğraf 4.6 Örnek yüzeylerinin incelendiği görüntüleme kabini	71
Fotoğraf 4.7 Üniversal test cihazı ve yüzeye yapışma direnci deney düzeneği	72
Fotoğraf 4.8 Çekme silindiri çevresi temizleme aparatı	72
Fotoğraf 4.9 Yapıştırılmış ve koparılmış deney örneği	73
Fotoğraf 4.10 Isı iletkenliği katsayısı ölçüm cihazı	74
Fotoğraf 4.11 Renk ölçüm cihazı	75

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Å	: Angstron
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
D ₁₂	: Hava kurusu haldeki yoğunluk
D _o	: Tam kuru haldeki yoğunluk
E-mod	: Elastikiyet modülü
gr	: Gram
MPa	: Megapascal
mm	: Milimetre
mm ²	: Milimetrekare
N	: Newton
nm	: Nanometre
Ra*	: Ortalama pürüzlülük
Rz*	: En yüksek 5 tepe ile en derin 5 çukurun ortalaması
ZnO	: Çinko oksit
μ	: Mikron
μm	: Milimikron
β _r	: Radyal yönde daralma yüzdesi
β _t	: Teğet yönde daralma yüzdesi
β _v	: Hacmen daralma yüzdesi
ΔE*	: Toplam değişim
σ _b	: Basınç direnci
σ _ç	: Çekme direnci
σ _{DE}	: Dinamik eğilme direnci
σ _e	: Eğilme direnci
%	: Yüzde
Ø	: Daire çapı
°C	: Santigrat derece

Kısaltmalar

ASTM	: American society for testing and materials
BS	: British standards
CIEL*a*b*	: Renk aralığı koordinat sistemi
D70	: Çift kompenatlı su bazlı vernik
D99	: Çift kompenatlı su bazlı vernik
HG	: Homejenlik grubu
IR	: Kızılötesi
ISO	: International organization for standardization
KMK	: Kritik misel konsantrasyonu
Ser.	: Seramik kürecik

SWOM	: Sunshine weather-ometer
TS	: Türk standardı
TS EN	: Türk standardı european norm
TS EN ISO	: Türk standardı european norm international organization for standardization
URL	: Bir örnek kaynak konumlandırıcısı
UV	: Ultraviole
VOC	: Volatile organic compounds
VTT	: Valtion teknillinen tutkimuskeskus



1. GİRİŞ

Günümüzde yenilenebilir olmayan malzeme tüketim oranları çok yüksektir ve giderek artmaktadır, ancak bu malzemelerin elde edildikleri rezervler sınırlı ve tüketilebilirdir. Nüfusun artışı ve gelişen teknoloji faktörlerine bağlı olarak değişen ve artan ihtiyaçlar nedeni ile bilinçsiz tüketim ağaç malzeme gibi doğal hammadde ve kaynakların giderek azalmasına neden olmaktadır. Yenilenebilir, doğal ve çevre dostu olan ağaç malzeme, yüzyıllardır hammadde olarak birçok amaç için kullanılmaktadır ve hala çok popülerdir (Budakçı, 2003, Hill, 2006; Kesik, 2009; Karamanoğlu, 2012; Dagbro, 2016).

Ağaç malzeme birçok üstün özelliği (hafifliğine rağmen dirençli, estetik, işleme kolaylığı, renk, desen çeşitliliği, düşük ısı iletkenliği vb. gibi) nedeniyle geniş bir yelpazede kullanılmaya devam etmektedir. Buna karşın; değişen atmosferik koşullarda boyutsal değişiklikler, biyolojik saldırı ve bozunmalara açık ve duyarlı olması ile ağaç malzemenin son kullanımında maruz kalacağı etkilerin meydana getirdiği değişimler önemli dezavantajları arasındadır (Hill, 2006; Kesik, 2009; Dagbro, 2016; Sandberg vd. 2017). Ağaç malzemenin bulunduğu ortamdaki rutubet ile ilişkisi sonucu hacmi ve şekli değişir ve mantarlar, küfler ve böcekler gibi biyolojik zararlılar tarafından tahrip edilir. Güneş ışınları, sıcaklık farkları, kimyasallar, rüzgar ve yağmur etkisine maruz kaldığında yaşlanır. Bu etkilere karşı ağaç malzemenin doğal haldeki özellikleri yeterli dayanıklılığı ve performansı gösterememektedir. Bu nedenle ağaç malzemeyi çeşitli işlemlerden geçirmek ve bu olumsuz özellikleri değiştirmek gerekmektedir. Bu işlemler ağaç malzemeye ısı ile muamele etme, yüzey işlemleri ve kimyasallar ile emprenye etme gibi farklı yöntemlerle muamele veya modifiye ederek geliştirmektir (Wicks vd. 1999; Pospíšil ve Nešpurek, 2000; Cristea vd. 2010; Dunningham ve Sargent, 2015; Dagbro, 2016).

Termal modifikasyon (ısıl işlem) ağaç malzemelerin özelliklerini iyileştirmek ve geliştirmek için kullanılan çevre dostu yöntemlerden biridir. Bu yöntemde, kimyasal madde kullanımı olmadan ağaç malzemenin özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Yöntem, ağaç malzemenin oksijensiz ortamda 170 °C ile 220 °C

arasındaki sıcaklıklara maruz bırakılmasıyla, nem emilimine ve biyolojik bozunmaya karşı duyarlı olan odun bileşenlerini modifiye etmenin mümkün olduğunu göstermiştir. Isıl modifikasyondan sonra boyutsal kararlılığı ve kullanımda doğrudan zemine temas etmiyorsa ağaç malzemenin dayanıklılığı büyük oranda artmaktadır (Dagbro vd. 2010; Demirel, 2015; Dagbro, 2016). Isıl işlemli ağaç malzemenin, ısıl işlemsiz (doğal) malzemeye göre bazı özellikleri iyileşmiştir. Fakat ağaç malzeme yaşlandırma etkisine (açık hava koşulları veya UV yaşlanma) maruz kaldığında yüzey bozunması devam eder ve ısıl işlem ile kazandığı estetik görünümü kaybolur. Bu etkiler sonucunda doğal ağaç malzeme yüzeyinde meydana gelen sararma, ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemede yüzeydeki yoğun lignin yapısı ve oluşan antioksidanlar nedeni ile daha az meydana gelir. Bu nedenle, doğal ve ısıl işlemli ağaç malzemenin kullanım ömrünü uzatmak ve görünümünü korumak için şeffaf koruyucu katmanlar ile kaplamak gerekmektedir (Miklečić vd. 2011; Hill, 2009; Militz, 2002; Miklečić vd. 2017). Ancak bazı durumlarda şeffaf kaplamalar ahşap yüzeyine zararlı ışınların (UV, IR vb.) iletimine engel olamadığı için ağaç malzeme renginin bozunmasına neden olur. Aynı zamanda, koruyucu katmanın fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri üzerinde yaşlandırma işleminin bazı olumsuz etkileri vardır (Pospíšil ve Nešpurek, 2000).

Uygun koruyucu katmanın seçimindeki ana etkileri, gün geçtikçe artan ve kendini yenileyen sağlık ve çevre alanlarındaki düzenlemeler ile entegre olması, koruyucu katmanın koruma özelliği ve bunu ağaç malzeme yüzeyinde devam ettirme düzeyidir. Ahşabın ömrünü uzatmak ve doğal görünümünü korumak için, zararlı kimyasalların minimum kullanımıyla şeffaf yüzey koruma sistemlerinin araştırılması ve geliştirilmesi çok önemlidir. Bu nedenle son yıllarda su bazlı şeffaf kaplamaların kullanımı artma eğilimindedir (Pospíšil ve Nešpurek, 2000; Deka ve Petrič, 2008; Miklečić vd. 2017).

Koruyucu katmanları zararlı ışınlardan (UV, IR vb.) korumak için üç yöntem vardır. Birincisi, pigmentlerin kullanıldığı yansımaya dayalı (filtre efekti) yöntemdir. İkincisi, UV emicileri kullanarak serbest radikal oluşumundan önce UV radyasyonunun emilimini sağlamaktır. Üçüncüsü ise engellenmiş amin ışık stabilizatörleri (HALS) gibi radikal söndürücüler kullanılarak oluşturulmuş serbest radikallerin uzaklaştırılmasıdır. İnorganik ve organik UV emiciler, polimer stabilitesini arttırdığı

için koruyucu kaplama formülasyonlarında sıklıkla kullanılmaktadır. İnorganik UV emiciler, koruyucu kaplamadan ayrıışmadığı için dış ortam uygulamalarında uzun vadede en etkili UV korumasını sağlamaktadır. Nanopartiküllerin mikrometrik partiküllere kıyasla verimleri yüksek olduğundan, su bazlı kaplamaların dayanıklılığını arttırmanın uygun bir yoludur. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, nano inorganik UV emiciler içeren su bazlı verniklerin ultraviyole (UV) ışığa maruz kaldığında bozulmaya karşı dayanıklı olduğu bildirilmiştir. Yarı saydam kaplamaların ve aėaç malzemenin dayanıklılığının arttırılması, nano boyutlu inorganik UV emicilerin kullanılmasıyla elde edilebilir (Cristea vd. 2010; Cristea vd. 2011; Mikleić vd. 2017).

Bu bilgiler doğrultusunda, ağaç malzemelere uygulanan nano yapıdaki inorganik UV emicilerle modifiye edilmiş su bazlı verniklerin yaşlandırma koşullarına dayanımının araştırılması gerekli grlmştir. Bu çalışmada su bazlı vernikler çinko oksit (ZnO) ve seramik kürecik nanoparçacıkları ile modifiye edilmiştir. ZnO ve seramik kürecik nanoparçacıkları antibakteriyel ve mikrobiyal, nontoksik ve koku önleyici olması, mekanik ve termal özellikleri geliştirmesi, UV ışınlara karşı koruma sağlaması gibi üstün özellikleri nedeniyle insan sağlığı ile ilgili birçok malzeme ve alanda kullanılmaktadır. ZnO ve seramik kürecik katkısı ile su bazlı vernik katmanlarının sertlik, yüzey pürüzlülüğü, çizilme direnci, yzeze yapışma direnci, termal ve renk özelliklerini geliştirmek hedeflenmiştir. Özellikle ZnO katkısı ile rengin, seramik kürecik katkısı ile sertlik, çizilme direnci ve termal özelliklerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Aynı zamanda nanoparçacık katkısının, verniklerin ağaç malzemeye daha fazla nüfuz ederek yüzey boşluklarını dolduracağı ve mekanik bağlanmayı arttıracağı böylece yzeze yapışma direncine arttırıcı ve yüzey pürüzlülüğüne azaltıcı etki yapacağı dşnlmştir. Bu bağlamda çalışmanın amacı, ısıl işlem uygulanmış bazı ağaç malzemelerde, nanoparçacıklar ile modifiye edilmiş su bazlı verniklerin UV yaşlandırma etkisine karşı özelliklerinin belirlenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Nanoteknoloji ve Nanobilim

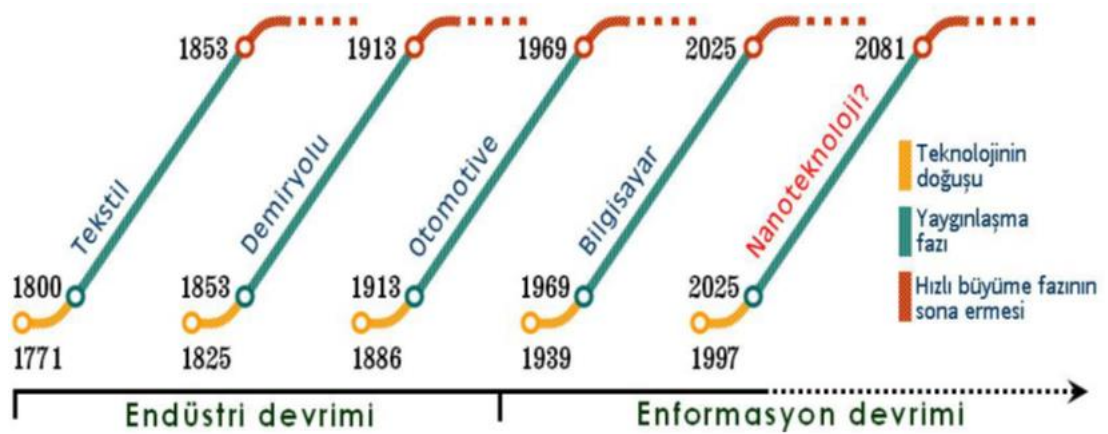
Moleküler yapılar ve atomlar ile ilgili bilime dayanan çalışmalar 1970’li yıllarda artmıştır. Nanoteknoloji kavramı ilk olarak Norio Taniguchi tarafından 1974 yılında kullanılmıştır (Belirgen, 2014). Nano, yunanca cüce anlamındaki “nanos” kelimesinden gelmiştir (Akgün, 2008; Sevinç, 2017). Nanobilim, bilim dallarının (fizik, kimya, biyoloji ve malzeme bilimi vb.) bulgu ve metotlarını kullanarak atomların dizilişini, nano boyutta maddenin yeniden yapılandırılmasını ve karakterizasyonunu incelemektedir. Nanoteknoloji ise nano bilimin bulgularını ve geliştirdiği yöntemleri mühendislik disiplini ile ürüne dönüştürür (Akgün, 2008).

Nanobilim ve nanoteknoloji genel olarak 1-100 nanometre boyutlardaki maddeleri anlamak, kontrol etmek ve atomsal seviyede değiştirip daha işlevsel hale getirmektir. Yığın malzemeler (çevremizde görebildiğimiz büyük cisimler) makroskobik fiziksel özelliklere sahiptir. Buna benzer örnekler mikron ölçekteki malzemelere de verilebilir. Ancak bu durumu nano ölçekteki boyutlara sahip ürünlere indirgediğimizde klasik fizik kurallarının yerine kuantum mekaniğinin prensiplerini değerlendirmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Nano ölçekteki boyutlara sahip herhangi bir malzemenin fiziksel, mekanik, termal ve elektrik özellikleri makro veya mikro ölçekteki boyutlara sahip malzemelerden oldukça farklı olacaktır. Nanoteknoloji; birçok bilim dalını barındıran bir konuma sahip olmakla birlikte, bütün alanlarda (uzay, endüstri, mekanik, elektronik, manyetik, biyomedikal, tarım, ilaç ve sağlık vb.) etkileri bulunmaktadır. Bundan dolayı birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler tarafından, en kritik araştırma alanı olarak desteklenmekte ve ciddi miktarda ar-ge destekleri ayrılmaktadır. Günümüzde birçok bilim dalında ve alanda kullanımının yanı sıra, tıpta da çok etkili gelişmelere olanak sağlamaya başlamıştır (Kaymakcı, 2015; Sevinç, 2017).

Nanoteknoloji, nano ölçekte malzeme tasarlamayı ve bu malzemelerden yeni yöntemlerle yeni ürünler üretmeyi amaçlar. Bu durum, atomlar ve onların dizgileriyle; malzemede ve üretim tekniklerinde inovasyon ve gereksinimlere cevap verebilecek

daha nitelikli yeni ürünler ortaya çıkarmak anlamına gelmektedir (Akgün, 2008; URL-1, 2019).

20. yy. başlarında birçok bilim adamı tarafından maddenin çeşitli özellikleri (yapı taşları, elektrik, elektronik ve optiksel vb.) hakkında farklı düşünceler ileri sürülmüştür. Maddeyi oluşturan elektronların, parçacıklar ve dalga halinde iki farklı şekilde davranabildiği belirlenmiştir. Kuantum mekaniği olarak adlandırılan kuramın yardımı ile atom ve moleküller doğru anlaşılmış, bilim ve teknoloji hızla gelişmiştir. Kuantum mekaniği ile atom ve moleküller hakkındaki bilgiler daha gerçekçi yorumlanmıştır. Katıların parçacık kuramı ile yapılan hesaplamalar sonucunda birtakım temel elektronik ve manyetik özelliklerin gözlemlerden farklılığı (sapmalar) ortadan kalkmıştır. 20. yüzyılın ilk çeyreklerinde makine imalat endüstrisinde de önemli gelişmeler olmuştur. Makine sanayisindeki birçok malzemenin manyetik, elektronik, mekanik ve atomik yapısı ile ilgili özellikleri kuantum fiziği sayesinde belirlenmiştir. Bu gelişmelerden sonra sanayi devrimi ile yarı iletken malzemeler ortaya çıkmış, silisyum teknolojisi önem kazanmış ve mikro elektronik sanayi de hızla gelişmeye başlamıştır. Bilgisayarların ve bilişim teknolojilerinin yaygınlaşması, mikro elektronik, optoelektronik ve fotonik teknolojilerin gelişmesinde öncü olmuştur. Bilim ve teknolojiye gelişmeler Şekil 2.1’de verilmiştir (Kaymakçı, 2015; URL-1, 2019; Sevinç, 2019).



Şekil 2.1 Bilim ve teknolojiye gelişmeler (URL-2, 2019)

Yeni bir sanayi türü ve bilgi devrimi olarak 21. yüzyıla nanoteknolojinin damga vuracağı ekonomistler tarafından öngörülmektedir. Ülkelerin nanoteknolojik bakımdan seviyesi çok yakın bir gelecekte, o ülkenin sosyal ve ekonomik güç

göstergeleri arasında yerini alacaktır. Nanoteknolojinin, öncelikle malzeme ve biyoteknoloji alanlarında, daha sonra (10-15 yıl) elektronik alanında gelişeceği ve buna bağlı olarak spintronikte ve molektronikte ağırlık kazanacağı beklenmektedir. Nano malzemeler sahip oldukları özellikler sayesinde kullanılacağı her alanda önemli gelişmelere yol açacaktır. Örneğin; motorlu araçlarda sürtünmesiz yüzeyler ile motor yağı değiştirme problemi ortadan kalkabilecek, nanoteknoloji ile üretilen kumaşlar nedeni ile birçok ev aletine bile ihtiyaç duyulmayacaktır. Binalarda birçok yapı detayı elastik özellikler kazanacak, böylece deprem gibi doğal afetler binalarımıza daha az zarar verecektir. Bu gelişmeler doğrultusunda, gelişmiş ülkelerde nanoteknolojiye ve nanobilime çok ciddi yatırımlar yapılmakta, enstitüler ve araştırma merkezleri kurulmaktadır (Kaymakcı, 2015; URL-1, 2019).

2.1.1 Nanoparçacıklar

Boyutları 100 nm ve altında olan tozlara nanoparçacık denilmektedir. Makro boyutlardan nano boyutlara gidildikçe kimyasal ve fiziksel özellikler (dielektrik sabiti ve erime noktası vb.) değişim göstermektedir. Nanoparçacıklar, yüzey atomlarının nano ölçekte olmayan örneklerle göre birçok farklı özelliklerde olması, kuantum boyut etkileri, yüksek yüzey/hacim oranları, parçacıkların elektronik yapısının boyut bağımlılığı açısından diğer malzemelerden üstün durumdadır (Arıç, 2010; Yorgancıoğlu, 2017; Bahadır, 2020; Şahin, 2020).

Nano malzemeler doğada serbest halde bulunduğu gibi insan üretimi olan çeşitleri de mevcuttur ve sayıları oldukça fazladır. Günümüzde nanoteknoloji ile üretilmiş ürünleri kullanmaktayız. Malzeme boyutlarının küçülmesi üretim aşamasında ve tasarımda bize kolaylık ve esneklik sağlarken işin maliyetini arttırmaktadır. Pek çok farklı alanda nanoteknoloji ile malzeme üretimi için çeşitli deneyler ve projeler yürütülmektedir. Dünyada ve Türkiye’de nano ürünler ile ilgili AR-GE çalışmaları yapılmaktadır (Turunç, 2009).

Nano boyutlu parçacıklar benzersiz özelliklere sahip olmaları nedeniyle malzeme biliminde çok önemli hale gelmişlerdir ve disiplinlerarası araştırma alanlarının ortak yanını oluşturmaktadırlar. Nanoparçacıkların reaktiflikleri, boyutlarına, şekillerine,

yüzey bileşiklerine ve yüzey atomik dizilimlerine göre değişmektedir. Nanoparçacıkların yüzey/hacim oranlarının yüksek olması, yapıya üstün mekanik, manyetik, optik, termal ve elektriksel özellikler kazandırmaktadır. Örneğin, fotovoltaiik hücrelerde solar radyasyon absorpsiyonu nanoparçacık bileşimli malzemelerde ince filmlere göre daha yüksektir. Bu, bize nanoparçacıkların daha iyi solar absorblayıcı olduğunu göstermektedir. Nanoparçacıklara olan ilgi, elektronik, kimya veya makine endüstrisindeki süperiletkenler, katalizör, ilaç taşıyıcı, sensör, manyetik malzemeler, pigment, yapısal ve elektronik malzeme uygulamalarındaki kullanımıyla artmaktadır (Arığ, 2010; Yorgancıoğlu, 2017).

2.1.1.1 Çinko oksit (ZnO) nanoparçacıkları

Çinko Oksit (ZnO), genellikle kokusuz ve beyaz toz görünümüne sahip inorganik bir bileşiktir. ZnO, yapısında çinko (Zn) ve oksijen (O) atomlarını bulunduran, kaya tuzu (rocksalt), wurtzit veya kübik (çinko blend) olmak üzere üç farklı kristal formuna sahiptir. ZnO'nun kaya tuzu yapısı yüksek basınç altında üretilebilir, bu nedenle bu yapıdaki ZnO oldukça nadir bulunur. ZnO wurtzit yapısı, üç yapı arasında en yüksek termodinamik kararlılığa sahip ve en yaygın olanıdır. ZnO, ortam basıncında ve sıcaklığında hekzagonal wurtzit kristal yapısına sahiptir. ZnO; yüksek iletken, yüksek geçirgen ve 3,36 eV'luk geniş bant aralığına, 60 meV gibi bir bağlanma enerjisi değerine, 0,4-2 μ optik dalga boyu aralığında yüksek geçirgenliğe, optik pompalama için düşük eşik değerine sahiptir. Radyasyon direnci ve biyo-uyumluluğu gibi özellikleriyle birçok aygıt yapımı için saydam iletken oksit malzemeler arasında en çok dikkat çeken malzemelerden biridir. ZnO geleceğin malzemesi olarak gösterilmektedir (Arığ, 2010; Güy, 2017; Ekmekçi, 2018; Rezalou, 2019).

ZnO'nun avantajları, bazı yarı iletken metal oksitlerden daha geniş bir güneş yelpazesi ve daha fazla ışık kuantumu emme kabiliyeti olmasıdır. ZnO'nun dezavantajları ise geniş bant boşluğu enerjisi ve fotokorozyonudur. ZnO, düşük bir sertliğe sahip olup kristal yönü de farklı mekanik özelliklere neden olur. Kimyasal olarak, termal olarak ve yüksek enerji radyasyonunda çok kararlıdır (Güy, 2017).

Antik çağda insanlar pirinç-metal üretimini ve saflaştırılmış ZnO ile tıbbi aletlerin yapıldığını keşfetmişlerdir. 1920'li yıllarda ZnO'nun yarı iletken özelliklerinden faydalanılmaya başlanmıştır. 1950'lerde ise büyütme teknikleri üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. 1960'lara gelindiğinde ise ince filmlerde, sensörlerde ve katalizör uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır. 1990'lardan bu yana araştırmacılar, ZnO nanoyapıların büyütülmesi ve farklı yöntemlerle sentezleri üzerinde çalışmaktadırlar. 2000 yılından bu yana ZnO tabanlı elektronik ve optoelektronik cihazlar için yüksek kaliteli tek kristal ZnO'nun üretilmesinde dünya çapında araştırmacılar teşvik edilmiş, bu konuyla ilgili birçok yayın yapılmış ve patent alınmıştır (Ekmekçi, 2018).

ZnO'nin toksik olmaması, cilde uyumlu olması, UV azaltıcı etkisinin olması gibi özellikleri ile insan sağlığı ile ilgili alanlarda kullanımı yaygınlaşmaktadır. ZnO nanoparçacıklarının sıvı ve organik çözücüler ile uyumluluk göstermesi birçok malzeme sürecine katılımını sağlamaktadır (Arıg, 2010).

Nano boyuttaki ZnO malzemeler, geniş bant aralığına sahip yarı iletken olması, yüksek mekanik, termal ve kimyasal kararlılığı, yüksek bağlanma enerjisi, düşük fiyatı, elektriksel, optoelektronik ve piezoelektrik özellikleri, uygun elementlerle toplandığında gösterdiği yüksek iletkenlik özellikleri ile çok geniş uygulama alanlarında kullanılmaktadır. ZnO nanoparçacıklarının elektronik sektörü için önemi üstün özelliklerine bağlı olarak her geçen gün artmaktadır. Varistör yapımında ZnO nanopartiküllerinin kullanılmaları elektronik sektöründeki uygulama alanlarından biridir. Biyosensör uygulamaları için üretilen elektrotlarda, yüksek güç ve frekansta çalışan sıcaklık kontrol devrelerinde, iletken geçirgen oksit filmlerde, ışık yayıcı ve tetikleyici yarı iletken cihazlarda, radyasyon detektörlerinde, düz panel monitörlerinde, solar hücrelerde, elektrot malzemesi olarak boya ile duyarlı hale getirilen güneş pillerinde kullanılmaktadır (Arıg, 2010; Nipane vd. 2012; Rezalou, 2019).

Kimya sektörü açısından ZnO nanoparçacıkları, yüzey boyalarına ilave edildiğinde, dokumalara ve plastik malzemelere katıldığında, bakteri ve mantar önleyici ajanlar haline almaktadırlar. Boya yapımında ZnO nanoparçacıklarının kullanılması boyaya koku önleyici ve UV emici özellik kazandırmaktadır. ZnO nanoparçacıkları kozmetik

uygulamalarda, UVA ve UVB ışınlarına karşı koruma özellikleriyle kişisel bakım ürünlerinin başta güneş kremlerinin üretiminde oldukça yaygın olarak tercih edilmektedir. Nanoparçacıklar bazı tekstil ürünlerine ilave edildiğinde uzun süreli antimikrobiyal özellik sağlarlar. Böylece, kullanıldığı yüzeylerde mikropların büyümesinin engellenmesi için uygun ortam oluştururlar. Ayrıca tekstil ürünlerinde ZnO parçacıklarının kullanılması UV ışınlarına karşı koruma sağlar ve renksiz olduğundan insan gözüyle fark edilmez (Arıg, 2010; Rezalou, 2019).

2.1.1.2 Seramik kürecik nanoparçacıkları

Seramik mikrokürecik, inorganik, metalik olmayan polikristal yapıya sahip, küre ya da küreye yakın geometrili, merkezlerinde tek büyük bir boşluk içeren, mikron boyutlarında parçacıklardır (Cheng vd. 2007; Gencer, 2009). Seramiklerin üretiminde kullanılan hammaddelerin en önemlisi killerdir. Seramik killlerinden, ince seramikler veya ileri teknoloji seramikleri olarak bilinen 5-200 µm çapındaki içi tek büyük boşluklu küresel seramik mikro tanecikler üretilmektedir (Gencer, 2009).

1980'lerin başında, Sridhar Komarneni ve Rustum Roy nanoseramiklerin sentezlenmesi için ilk yöntemi geliştirmişlerdir. "Sol-jel" adı verilen bu yöntem araştırmacılara nano seramiklerin özelliklerini test etmeyi sağlamıştır. Nanoseramiklerin daha verimli bir şekilde üretilmesi için sol-jel yönteminin yerini mikrodalga sinterleme yöntemi almıştır (Bozsaky, 2017). Seramik küreciklerin, RF termal plazma, MW plazma piroliz, su ile özütlemeli sol-jel, su-emülsiyon-jel, sprey kurutma yöntemleri, üretilmiş polimer veya cam mikro kürelerin seramik jel ile kaplanarak bunu takiben seramik fırınında pişirilmesi ve toz taneciklerinin yüksek sıcaklık sağlayan ısı plazma boyunca geçirilmesi gibi birçok farklı üretim metodu bulunmaktadır (Cochran, 1998; Karoly ve Szepvölgyi, 2003; Hyodo vd. 2005; Cheng vd. 2007; Gencer, 2009; Bozsaky, 2016; Bozsaky, 2017). Üretim yöntemlerine bağlı olarak; porozite, küresellik, yüzey alanı özellikleri değişebilmektedir. Al₂O₃, ZnS, TiO₂, SiO₂, BaTiO₃ mikro küreler üretilmiş bazı seramik mikro küre örnekleridir. Endüstride yaygın olarak kullanılabilmesi için düşük maliyetlerle yüksek miktarlarda elde edilebilmeleri gerekmektedir. Ancak üretim metotları şimdiye kadar

çok az ilerleme göstermiştir. İçleri boş mikro kürelerin kolay ve uygulanabilir şekilde üretimi halen üzerinde çalışılan bir konudur (McIntyre, 2012; Gencer, 2009).

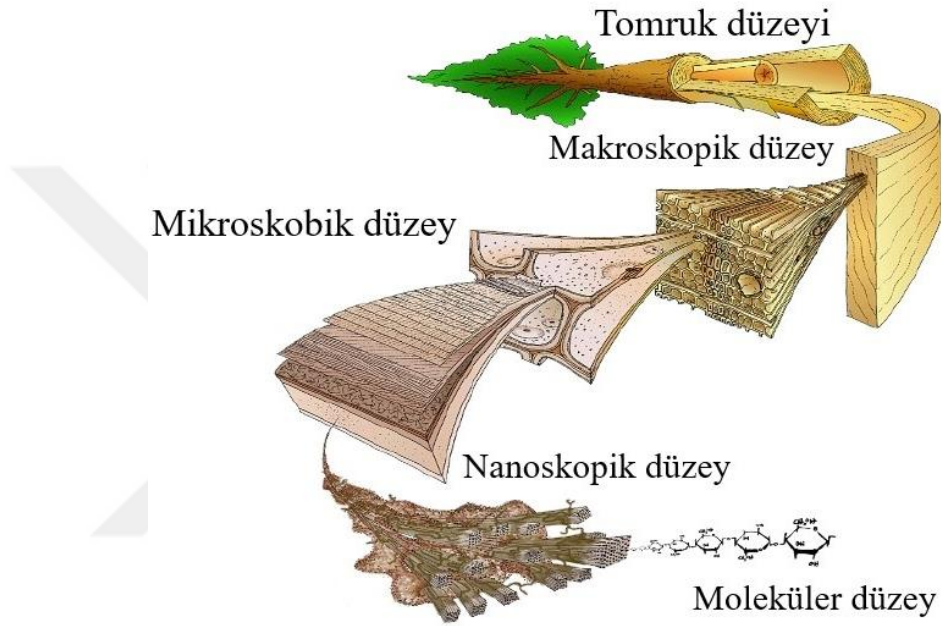
Seramik mikro küreler, malzeme bilimi, ilaç, kromatografi, tıp, kimya, çevre koruma, nükleer teknoloji, ısı yalıtımı, UV etkilere karşı çeşitli endüstri alanlarında geniş bir uygulama alanına sahip ve oldukça fazla ilgi gören özel bir malzeme sınıfıdır (Cochran, 1998; Cheng vd. 2007).

Plastik ve köpük malzemelerde dolgu malzemesi olarak ilave edilirler ve nihai parçanın hafiflemesini sağlarlar. İstenilen mekanik, optik, termal özelliklere ve yoğunluğa sahip kompozit malzemelerin üretiminde kullanılırlar. Kompozite takviye edici malzeme olarak ilave edilen diğer elyaf vb. parçacıklarda görülen köşelerdeki gerilme birikmesi ve anizotropi sorunları küresel geometrili bu katkılarla ortadan kalkmaktadır. Kaplama ve boya kompozisyonlarına ilave edilerek ısı yalıtımı sağlarlar. Kaplama malzemelerine ilave edilerek yüzey sıcaklığını düzenler ve yüzeyde yoğuşmayı önleyici etki oluştururlar. Metal malzemeler içerisine ilave edildiklerinde kapalı hücre görevi görerek metal köpük yapısı oluşumuna katkı sağlarlar. İlaç taşınım sistemlerinde uzun salınımlı ilaçların enkapsülasyonunda kullanılırlar. Elektronik uygulamalarında, piezoelektrik güç çeviricilerinde ve düşük dielektrik sabitli altlıklarda kullanılırlar. Filtrelerde akışkan taşınımında kullanımları mevcuttur. Akustik uygulamalarda ses izolasyonu sağlamakta yardımcı olurlar (Wilcox, 1995; Cochran, 1998; Cheng vd. 2007; Gencer, 2009).

2.1.2 Nanoteknoloji ve Ağaç Malzeme

Nanoteknolojideki en önem gelişmelerden bazıları biyolojik ve inorganik sistemler arasında meydana gelmektedir. “Nanoteknoloji” olarak bilinen yeni kimya dalının amaçlarından biri de makro yapılara sahip malzemeleri nano yapıli malzemeler ile geliştirmektir. Nanobilimin ayırt edici özelliği, nano ölçekli yapıda işlevselliğin artması ve teknik kontrolüdür. Modern analitik ve mikroskobik araçlar odunun yapısını nano ve atomik ölçeklere kadar daha ayrıntılı görmemizi sağladığı için, ağaç malzemenin benzersiz özelliklerden ve nano boyutlu bileşenlerden oluştuğunu anlayabilmekteyiz (URL-3, 2019).

Ağaç malzeme anatomik özelliklerinden dolayı (termoplastik bir matris olan lignin ile birbirine bağlanmış, kırılma enerjisi bakımından güçlü dağıtma kapasitesine sahip borulara benzeyen) doğal nano yapıli kompozit bir malzeme olarak kabul edilir. Selüloz, hemiselüloz, protein ve ligninin polimerik bir bileşik olarak görülebileceği farklı düzeylerden ve selülozik fibril bileşiğinin nano ölçekteki görüntüsü Şekil 2.2’de verilmiştir (Marzi, 2015).



Şekil 2.2 Ağaç malzemenin farklı düzeylerden görüntüleri (Marzi, 2015)

Özellikle orman ürünlerinden elde edilen doğal nano-kompozitler, nanoteknoloji alanında önemli uygulamalar sunmaktadır. UV ışığına, neme ve biyo-organizmalara maruz kaldığında bozunmaması için nanoteknoloji ile ağaç malzemeye koruma sağlanabilirken, dayanıklılık ve sağlamlığı da arttırılabilir. Son yıllardaki çalışmalarda nano malzemeler yeni mimarilerde ve restorasyon çalışmalarında kullanılmaktadır (Cestari, 2004; Kasal ve Tannert, 2011; Marzi, 2015). Bu bağlamda, doğal bir nano kompozit olarak ağaç malzeme, nanoteknoloji alanında potansiyel olarak önemli uygulamalar sunabilir. Ağaç malzemeye, nano yapıli kaplamalar ile kendi kendini temizleme, fotokataliz, su geçirmezlik, yangına dayanıklılık, sertlik, çizilme direnci ve antibakteriyellik gibi yüzey işlevselliği kazandırmanın yanında açık hava koşullarına dayanıklılık, uzun vadede sağlamlık, iyi bir yapışma direnci gibi özelliklerde kazandırmak mümkündür (Wegner ve Jones, 2005; Marzi, 2015).

2.2 Ağaç Malzeme

2.2.1 Amerikan Dişbudak (*Fraxinus americana*) Odununun Özellikleri

Doğu Amerika’da yetişmekte olup kaplama ve kereste olarak kullanım yeri bulunmaktadır. Kerestesi sınıflandırılırken çoğunlukla yetiştirme bölgelerine bakılır. Kuzey bölgesi ve Güney bölgesi dişbudağı olarak pazarlanmaktadır. Beyaz dişbudak (diri odun) veya kahverengi dişbudak (öz odun) olarak renk farklılığına göre sınıflandırılarak 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 (Gürleyen, 2018).

2.2.1.1 Makroskopik ve mikroskopik özellikleri

Amerikan dişbudak odununun görünümü Avrupa dişbudak odununa benzemektedir. Diri odun beyaz denecek kadar açık renkte olup, 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. Diri odun oranı ve miktarı ile odunun diğer özellikleri yetiştirme bölgelerine göre değişiklik göstermektedir. 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 (Gürleyen, 2018).

2.2.1.2 Fiziksel ve mekanik özellikleri

Ağırlığına oranla yüksek direnç özelliklerine sahiptir. Özellikle şok direnci değeri yüksektir. Ayrıca buharla bükülebilme özelliği iyidir. Tablo 2.1’de Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri verilmiştir (Gürleyen, 2018).

Tablo 2.1 Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri (Gürleyen, 2018)

Yoğunluk (% 12 rutubet)	0,60 gr/cm ³
Ortalama ağırlık (% 12 rutubet)	0,67 gr/cm ³
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 ²

2.2.1.3 İşlenme ve kurutma özellikleri

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 (Gürleyen, 2018).

2.2.1.4 Dayanıklılık ve emprenye edilebilme özelliği

Amerikan dişbudak öz odununun çürümeye karşı dayanımı olmadığı için emprenye edilmelidir ancak emprenye işlemine direnç gösterebilmektedir. Diri odun kısmı ise kolaylıkla emprenye edilebilmektedir (Gürleyen, 2018).

2.2.1.5 Kullanış yerleri

Amerikan dişbudak odunu, mobilya yapımında, yer döşemelerinde, kapılarda, mimari iç yapılarda, mutfak dolaplarında, lambri yapımında, alet saplarında, spor aletlerinde, yüksek sınıf keresteleri ise doğramalarda ve profillerde kullanılmaktadır. Görünüş açısından çok estetik bir yapıya sahip olduğundan çokça kullanılır. Tüm bu özellikleriyle sektöre büyük değer katmaktadır (Gürleyen, 2018).

2.2.2 Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) Odununun Özellikleri

Geniş bir coğrafi yayılım gösteren sarıçam, çam taksonlarından biridir. İskoçya'dan başlayarak tüm Avrupa, Alpler, Pirene, Voj, Karpatlar ile Balkanlar, İskandinavya, Türkiye ve Asya'da çok geniş alanlarda yayılır. Sarıçam az kumlu toprakların ağacıdır.

Mineral madde ve nem istekleri yüksek değildir. Kurak, fakir ve kayalık yerlerde bile yetişebilmektedir. Gövde şekli narin, tepeleri sivri ve ince dallı ya da dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı her dem yeşil bir ağaçtır (Bozkurt, 1992). Sarıçam odunu, 30 ila 45 m arası boy, 0.6-1.0 m çap yapmakta, gövde şekli düzgün ve dolgun olup kullanılabilir gövde uzunluğu 18-20 m'dir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

2.2.2.1 Makroskopik ve mikroskopik özellikleri

Sarıçamın diri odunu 5-10 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte, öz odun kırmızımsı sarı ve kırmızımsı kahverengidir. Yaz odunu koyu renkli olup, açık renkli ilkbahar odunu ile kontrast yaratır. Yetişme ortamına bağlı olarak yıllık halkalar dar veya geniş olabilir. Öz ışınları çıplak gözle görülmemektedir. Odunu parlak değildir ve dekoratiftir. Odunu oldukça sert ve orta ağırlıktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000). Yıllık büyüme halka sınırları belirgin, yaz odunu traheidleri radyal yönde çok yassılaştırmış, kalın çeperli, dar lümenlidir. Öz ışınları tek sıralı, reçine kanalı bulunan öz ışınları orta kısımda 2-5 sıralıdır. Öz ışınlarının yüksekliği çoğunlukla 1-12 hücre, bazen 15 hücreden fazladır. Ülkemizde doğal olarak yetişen diğer çam türlerinde genç ağaçlarda diri odun geniş, sarıçamda ise daha dardır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

2.2.2.2 Fiziksel ve mekanik özellikleri

Sarıçam odununun fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Sarıçam odununun fiziksel ve mekanik özellikleri (Bozkurt ve Erdin, 2000)

Yoğunluk	D ₀	0.49 g/cm ³
	D ₁₂	0.52 g/cm ³
Daralma yüzdesi	β _r	% 4.0
	B _t	% 7.7
	B _v	% 12.1
E-Modül	E-Mod.	11 700 N/mm ²
Eğilme Direnci	σ _E	98 N/mm ²
Çekme Direnci	σ _Ç	102 N/mm ²
Basınç Direnci	σ _B	54 N/mm ²
Din. Eğil. Direnci	σ _{DE}	0.39-0.70 kN/cm

2.2.2.3 İşlenme ve kurutma özellikleri

Kolay kurutulabilir, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır. Kolay işlenir ve yapıştırılır. Üstyüzey işlemlerinde reçine sızıntısı nedeniyle güçlük çıkartır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

2.2.2.4 Dayanıklılık ve emprenye edilebilme özelliği

Diri odunu mantar ve böceklerle karşı hassastır. Odunun rutubeti % 25'den fazla olduğu hallerde, 20-25 °C sıcaklıklarda mavi renk oluşumu görülür. Öz odunu çok dayanıklıdır. Diri odunu kolay, öz odunu ise orta derecede güç emprenye edilebilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

2.2.2.5 Kullanış yerleri

Pencere doğramalarında, maden direği, tel direği ve travers olarak emprenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, kaplama levha, lif ve yonga levha, kontrplak ile kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin 2000). Yapı malzemesi (kapı, pencere, lambri tavan ve taban kaplaması) olarak mobilyacılık ve oymacılıkta kullanılır (Örs ve Keskin, 2001).

2.3 Isıl İşlem

Ağaç malzeme mükemmel özellikleri (dayanıklılık, estetik görünüm vb.) nedeni ile birçok alanda kullanılmaya devam etse de bazı dezavantajlara sahiptir. Bu dezavantajlar boyutsal değişiklikler, biyolojik ve mantar zararlıları, görünüm değişikliği ve maruz kaldığı harici etkilerin malzeme üzerinde yaptığı değişikliklerdir (Hill, 2006). Bu etkilere karşı son yıllarda ağaç malzemeye ısı ile muamele edilmektedir. Ağaç malzemenin farklı şekillerde özelliklerinin geliştirilmesi hakkında birçok çalışma ve bilimsel araştırma yapılmış ve devam edilmektedir. Yapılan bütün çalışma ve bilimsel araştırmalar sonucu çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler genel manada "Odun Modifikasyonu Yöntemleri" olarak tanımlanmaktadır. Geliştirilen yöntemlerden bir tanesi de ağaç malzemenin ısıl işlem yöntemiyle modifiye edilmesidir (Altınok vd. 2010).

Isıl işlem, kimyasal madde kullanımı olmadan ağaç malzemeyi korumak için yapılan bir uygulamadır. Odunun hücre çeperindeki polimer bileşiklerin (selüloz, hemiselüloz ve lignin) kimyasal yapısında kalıcı değişikliklere neden olan fiziksel bir süreçtir. Lignin ve hemiselülozdaki değişim yaklaşık 120 °C’de başlamasına rağmen, sıcaklığın selüloza olan etkisi daha yüksek sıcaklıklarda belli olmaktadır. Sıcaklığın artırılması ile ana bileşenlerdeki değişim daha belirgin hale gelebilmektedir Isıl işlemin temel prensibi, 150 °C’nin üzerinde, kimyasal reaksiyonların hızlandığı sıcaklıklarda ağaç malzemeye ısı ile muamele etmektir. Isıl işlemlili ağaç malzeme, oksijensiz ortamda 160 °C’den daha yüksek sıcaklığa maruz bırakılarak, hücre duvarı malzemesinin kompozisyonu ve fiziksel özellikleri şekillendirilmiş odun olarak da tanımlanır. Bir başka tanım da ısı işlem, ağaç malzemenin 180 °C ve 212 °C aralığında yüksek derecede ısı ve su buharı ile termal olarak muamele edilmesidir. Isıl işlem, odunun kullanım özelliklerini arttırmak ve ömrünü uzatmak için gerçekleştirilen kimyasal, biyolojik ve fiziksel süreçler olarak tanımlanır. Modifikasyon işlemi ile ağaç malzemenin özelliklerini iyileştirmek ve performansını arttırmak amaçlanmaktadır. Isıl işlemin bir diğer amacı; nem alışverişinin ve denge rutubeti miktarının azaltılması ile genişleme ve daralmanın minimuma indirilmesi, mikro organizmalara karşı biyolojik direnç sağlanması ve permeabilitenin artırılması ile üst yüzey işlemlerinin performansını da yükseltmektir. Isıl işlem uygulaması ile biyolojik zararlılara karşı ve dış hava şartlarına karşı dayanıklılık artmakta, düşük denge rutubet içeriği, boyutsal stabilite sağlamakta, artan termal izolasyon kabiliyeti, boya adezyonu, dekoratif olarak renk çeşitliliği artmakta ve kullanım ömrü de uzamaktadır. Ayrıca daha düşük kaliteli ağaç türlerine katma değer sağlamakta ve yeni pazar imkanı sunmaktadır. Isıl işlem sonucu odunun kimyasal yapısı değişmekte ve odunun mekanik özelliklerinde düşüşler olmaktadır. Bu durum ısı ile muamele edilmiş odunun dezavantajıdır ve kullanım alanını sınırlamaktadır (Hill, 2006; Korkut ve Kocaefe, 2009; Tomak ve Yıldız, 2010; Esen ve Özcan, 2012; Akkılıç vd. 2014; Ayata, 2014; Pelit, 2014; Dunningham ve Sargent, 2015; Ulay, 2018; Gürleyen, 2018).

Isıl işlemlili ahşap malzeme cephe kaplaması, kameriye, doğrama gibi iç ve dış mekân uygulamalarında, lambri, tavan ve taban döşemesi vb. birçok mekân uygulamalarında, oyun alanları ve mobilya gibi geniş bir yelpazede kullanım alanına sahiptir. Isıl işlem sonrası ağaç malzemenin boyutsal stabilitesinin artması, mantar ve biyolojik

saldırılarına karşı direncinin iyileşmesi, bazı direnç özelliklerindeki (sertlik, basınç direnci vb.) iyileşmeler yapı ve birçok sektör için kullanım tercihi olabilecek bir potansiyel oluşturmaktadır (Akkılıç vd. 2014; Ayata, 2014).

Sağlık ve çevre açısından tehlikeli olan bazı odun koruma yöntemleri ve çeşitli malzemelerin (plastik, metal ve beton) kullanım oranlarının azaltılması için artık birçok ülkede ısıtma işlemi uygulanmış kerestelerin kullanımı teşvik edilmektedir (Gürleyen, 2018).

2.3.1 Isıl İşlem Metotları

Isıl işlem çalışmaları, bilim adamları Stamm ve Hansen tarafından Almanya'da 1930'lu yıllarda, White tarafından ABD'de 1940'lı yıllarda yapılmıştır. 1950'ler de ise; Germans Bavendam, Runkel ve Buro konuyla ilgili araştırmaları sürdürmüştür. Bu süreçte (Staybwood süreci) araştırmalar, ağaç malzemenin higroskopik özellikleriyle ilgili olmuş ve odunda genişlemeler ve daralmalar gözlenmiştir. Kollman ve Schneider, çalışma bulgularını 1960'larda, Rusche ve Burmester de 1970'lerde yayınlamışlardır. Bu süreçte (Feuchte Wärme Druck) odunun mantara karşı direnci, içine su alma, su emme özellikleri incelenmiş ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Daha yakın zamanlarda 1990'lı yıllarda Finlandiya, Fransa ve Hollanda'da araştırma çalışmaları yapmıştır. Fransa'da "Torrefaction" ve "Retification" olarak adlandırılan iki tip ısıtma işlemi geliştirilmiştir ve bu işlemlerde azot gazının ısıtılmasına dayanan bir sistem mevcuttur. Hollanda'da ise "Plato Wood" uygulaması geliştirilmiştir. En yoğun ve kapsamlı araştırma çalışmaları Finlandiya'da VTT (Finlandiya devlet Teknik Araştırma Merkezi) tarafından yapılmıştır ve Thermowood olarak adlandırılan ısıtma işlemi geliştirilmiştir (Rapp, 2001; Gürleyen, 2018; URL-3, 2019).

Isıl işlem uygulamalarındaki bu süreçlere göre; Staybwood ve Staypak metodları eski, ThermoWood, PlatoWood, Retification, Hot Oil treatment (OHT), Bois Pedure metodları ise yeni metodlar olarak gruplandırılmıştır (Aytin, 2013; Ayata, 2014; Ulay, 2018).

Yeni ısıtma işlem metodlarının karakteristikleri Şekil 2.3'te verilmiştir.

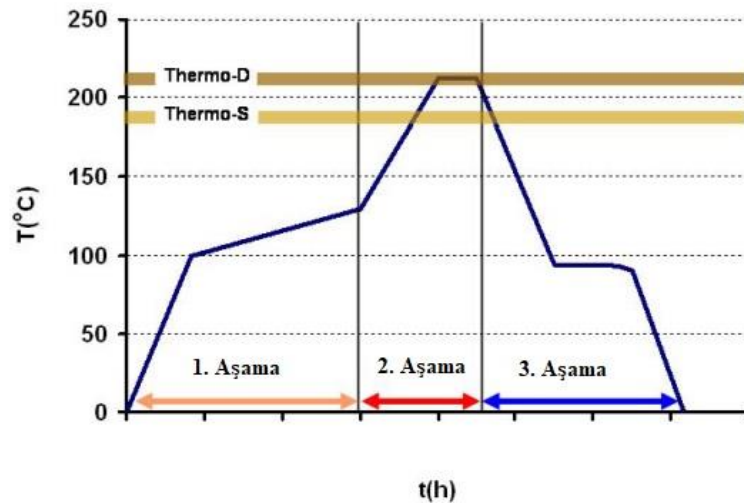
Isıl İşlem Metotları	Ortam	Rutubet Durumu	Sıcaklık (°C)	Uygulama	Ülke
ThermoWood	Buhar	Taze veya hava kurusu ağaç malzeme	150-240	1.Fırın sıcaklığının artırılması ve yüksesıcaklıkta kurutma safhası 2.Isıl işlem 3.Soğutma ve kondisyonlama	Finlandiya
PlatoWood	Buhar ve hava	Taze veya hava kurusu ağaç malzeme	170-190	1.Ön kurutma 2.Hidrotermoliz 3.Kurutma 4.Isıl işlem 5.Denkleştirme ve soğutma	Hollanda
Oil Heat Treatment	Sıcak yağ	Hava kurusu veya yaklaşık %6	180-220	1.Isıtma ve kurtuma 2.Isıl işlem 3.Soğutma	Almanya
Retification	N ₂	Hava kurusu ağaç malzeme	200-240	1 basamak	Fransa
Bois Perdu	Buhar	Taze ağaç malzeme	200-240	1 basamak	Fransa

Şekil 2.3 Isıl işlem yöntemlerinin temel karakteristiği (Ulay, 2018)

2.3.1.1 ThermoWood

ThermoWood metodu Finlandiya’da devlete ait Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından geliştirilmiştir. Ülkede 1990’lı yıllarda kurulan bir fabrika ile başlanılan ThermoWood metodu ile ağaç malzemeye ısıl işlem uygulaması kısa sürede gelişmiş ve sekiz fabrikaya ulaşmıştır. Günümüzde 3 tanesi ülkemizden olmak üzere dünyada 14 adet ThermoWood yöntemi ile ısıl işlem uygulaması yapan tesis bulunmaktadır. ThermoWood işleminin lisansı, Finlandiya ThermoWood Derneği üyelerine aittir (Rapp, 2001; Pelit, 2014; Ayata, 2014; Ulay, 2018; Gürleyen, 2018; URL-3, 2019).

ThermoWood işlemi üç ana aşamaya ayrılır (Şekil 2.4):



Şekil 2.4 ThermoWood işlemi aşamaları (URL-4, 2019)

1. Aşama – Sıcaklık artışı ve yüksek sıcaklıkta kurutma aşamasıdır. Bu aşamada ısı ve buhar kullanılarak fırının sıcaklığı yaklaşık 100 °C seviyesine kadar artırılır. Sonrasında sıcaklık yavaş yavaş 130 °C'ye yükseltilir ve bu yüksek sıcaklık derecesinde kuruma gerçekleşir ve ağaç malzeme içindeki nem oranı neredeyse sıfıra düşürülür.

2. Aşama – Isıl işlem aşamasıdır. Yüksek sıcaklıkta kurutma işlemi gerçekleştikten sonra, sıcaklık 185 °C ve 215 °C'ye kadar yükseltilir. İstenilen sıcaklığa ulaşıldığında, bu sıcaklık 2-3 saat aralığında uygulamanın yapılma amacına bağlı kalınarak sabit tutulur. Ahşabın yanmasını engellemek amacıyla kullanılan gaz veya su buharının hem odunun korunmasındaki hem de odunda gerçekleşen kimyasal değişime etkisi bulunmaktadır.

3. Aşama – Soğutma ve nem ile kondisyonlama işlemidir ve ısıl işlemin son aşamasıdır. Bu aşamada, 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 (Rapp, 2001; Pelit, 2014; Ayata, 2014; Gürleyen, 2018; URL-3, 2019).

ThermoWood yönteminde, Thermo S ve Thermo D olmak üzere (Şekil 2.4) sıcaklık zaman grafiği verilen iki farklı standart işlem süreci vardır. Thermo S'de kullanılan "S" harfi kararlılık ve sağlamlığı ifade eder. Stabilitate bu işlem sınıfındaki ürünlerin kullanım yerleri için anahtar özelliği taşımaktadır. Thermo S sınıfında ısıl işlem görmüş ağaç malzemenin rutubet etkisinde daralma ve genişleme ortalaması %6-8'dir. Thermo S, nispeten dayanıklı olarak sınıflandırılır. Çürümeye karşı doğal direnci "SINIF 3" gerekliliklerine göre sınıflandırılır. Bu sınıfta plato (2.aşama) sıcaklığı yumuşak ağaç malzemeler için 190 °C, sert ağaç malzemeler için 185 °C'dir. Thermo D'deki "D" harfi dayanıklılık manasına gelmektedir. Dayanıklılık bu işlem sınıfındaki ürünlerin son kullanım yerleri için anahtar özelliği taşımaktadır. Thermo D sınıfında ısıl işlem görmüş ağaç malzemenin rutubet etkisinde daralma ve genişleme ortalaması %5-6'dır. Thermo D, dayanıklı olarak sınıflandırılmaktadır. Çürümeye karşı doğal direnci "SINIF 1" gerekliliklerini karşılamaktadır. Bu sınıfta plato (2.aşama) sıcaklığı

yumuşak ağaç malzemeler için 212 °C, sert ağaç malzemeler için 200 °C'dir (Dagbro, 2016; Ulay, 2018; URL-3, 2019)

2.3.1.2 PlatoWood

Hollanda sıcak hava ve buhar kullanarak gerçekleştirdiği termal modifikasyona PlatoWood adını vermiştir. PlatoWood yöntemi taze haldeki ağaç malzeme için beş, hava kurusu haldeki ağaç malzeme için dört basamakta uygulanır. Hava kurusu haldeki ağaç malzeme kullanıldığında birinci basamakta hidrotermoliz işlemi uygulanır. Hidrotermoliz safhasında ağaç malzeme sulu ortamda ve kuvvetli atmosfer basıncı altında 150 °C - 180 °C sıcaklıkta muamele edilir. Bu aşamada hemiselüloz ve ligninden aldehit ve fenoller açığa çıkar. İkinci safhada 3 - 5 günlük bir sürede klasik kurutma yöntemi ile ağaç malzeme rutubeti %8 - %10 düzeyine indirilir. Üçüncü safhada yaklaşık 16 saat süreyle 150 °C - 190 °C sıcaklıklarda ısıtma işlemi uygulanır ve ağaç malzemenin rutubeti %1'e kadar düşer. Son safhada ise 2 - 3 günlük bir denkleştirme periyodu uygulanır. Denkleştirme işleminden sonra ağaç malzeme %4 - %6 rutubet içeriğine sahip olur. PlatoWood yönteminde taze haldeki ağaç malzemeye ısıtma işlemi uygulanacaksa hidrotermoliz işleminden önce klasik kurutma yöntemi ile ön kurutma işlemi gerçekleştirilir. Termoliz için işlem adımları 4 - 5 saat, kurutma için 3 - 5 gün sürer. İyileştirme aşaması 14-16 saat ve kondisyonlama aşaması 2 - 3 gün sürmektedir. Isıl işlem süresi kullanılan ağaç türüne, ahşabın kalınlığına, ahşabın formuna ve görünüş özelliklerine bağlıdır (Pelit, 2014; Demirel ve Temiz, 2015).

2.3.1.3 Sıcak yağ yöntemi (Oil Heat Treatment - OHT)

Birçok ısıtma işlem yöntemi düşük oksijen varlığında 180 °C ile 260 °C arasında gerçekleşir. Birçok doğal yağ ve reçinenin kaynama noktası ahşabın ısıtma işlemine tabi tutulması için gerekli olan sıcaklıktan daha yüksektir. Bu durum odunun sıcak yağ içerisinde ısıtılması fikrini ortaya koymuştur. Bu yöntemde ısıtma işlemi 3 safhada gerçekleşmektedir. Birinci safha ısıtma ve kurutma safhası olup sıcaklık 60 °C'den 160-200 °C'ye kadar çıkmaktadır. İkinci safhada ahşabın kalınlığının orta noktası maksimum sıcaklığa ulaştığında asıl ısıtma işlemi başlatılmaktadır. Üçüncü safhada ise soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Isıl işlem kapalı bir tankta

gerçekleştirilmektedir. Ahşap bu tanka yerleştirildikten sonra stok tankından ısıtılma işlemi tankına sıcak yağ pompalanmakta, bu yağ ahşabın etrafında yüksek ısı sirkülasyonu sağlamaktadır. Kullanılan yağ kolza tohumu yağı, bezir yağı veya ayçiçek yağı olabilir. Yağ odundan oksijenin ayrılmasını ve iyi bir ısı transferi sağlar. Odunun dayanımı tamamen ağaç türüne ve uygulanan sıcaklığa bağlıdır (Pelit 2014; Demirel ve Temiz, 2015).

2.3.1.4 Retifikasyon ve Perdür

Fransa inert gaz kullanarak gerçekleştirdiği termal modifikasyon işlemine “Retifikasyon” adını vermiştir. Fransa’nın Ecole des Mines de Saint – Etienne Üniversitesi’nde geliştirilen ve New Option Wood şirketi tarafından patenti alınan bir yöntemdir. Bu işlemde ön kurutmayla %12 rutubete getirilen ağaç malzeme %2’den daha az oksijen içeriğine sahip nitrojen atmosferinde yavaş yavaş ısıtılarak sıcaklığı 210 °C’den 240 °C yükseltilir (Pelit 2014; Demirel ve Temiz, 2015).

Fransa’nın geliştirdiği diğer bir yöntem ise Perdür yöntemidir. BCI – MBS şirketi tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde yeni kesilmiş keresteler ısıtılma işlemi tabi tutulabilmektedir. İlk aşamada taze odun teknik kurutmaya tabi tutulur. Ardından odunun sıcaklığı düşük oksijen içeriğindeki buhar basıncı altında 230 °C’ye kadar artırılır ve ısıtılma işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde kullanılan buhar taze odunun suyundan elde edilir (Pelit 2014; Demirel ve Temiz, 2015).

2.3.2 Isıl İşlemin Ağaç Malzeme Üzerindeki Etkileri

2.3.2.1 Kimyasal özelliklere etkileri

Odun düşük moleküler yapıya ve polimerik moleküler yapıya sahip olan birçok karmaşık bileşikten oluşmaktadır. Isıl işlem esnasında odunun fiziksel ve kimyasal yapısında oluşan çok sayıda değişikliği anlayabilmek için odunun yapısında bulunan ana bileşenlerin temel özelliklerini bilmek önemlidir. Odun bileşenlerinin büyük bir bölümü genellikle polisakkaritlerden (selüloz, hemiselülozlar, nişasta ve pektinler), lignin ve ekstraktlardan oluşmaktadır (Gürleyen, 2018; URL-4, 2019).

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. Oduna uygulanan termal işlem odunda bulunan suyun uzaklaştırılmasını sağlar ve aynı zamanda odunun kimyasal bileşiminde önemli değişikliklere sebep olur. Oduna ısıyla muamele süresince polimerleri (selüloz, hemiselüloz, lignin) ve ekstraktif maddeler farklı sıcaklıklarda farklı maddelere dönüşerek parçalanmaktadırlar. Uygulanan ısı sonrası odunda, dehidrasyon, termal oksidasyon, depolimerizasyon gibi sonuçlar ortaya çıkar (Pelit, 2014; Gürleyen, 2018).

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. Isıl işlem sonucunda odunun hücre duvarı bileşenlerinde ve ekstraktif maddelerinde meydana gelen kimyasal değişime dair şema Şekil 2.5'te gösterilmiştir (Gürleyen, 2018).



Şekil 2.5 Isıl işlem sürecinde odunun ana bileşenlerinde meydana gelen kimyasal değişimler (Gürleyen, 2018)

Selüloz odunda en çok bulunan bileşendir ve odunun kuru ağırlığının % 40 - 50'si kadarını oluşturmaktadır. Ayrıca odun mukavemetinde çok önemli rol oynar.

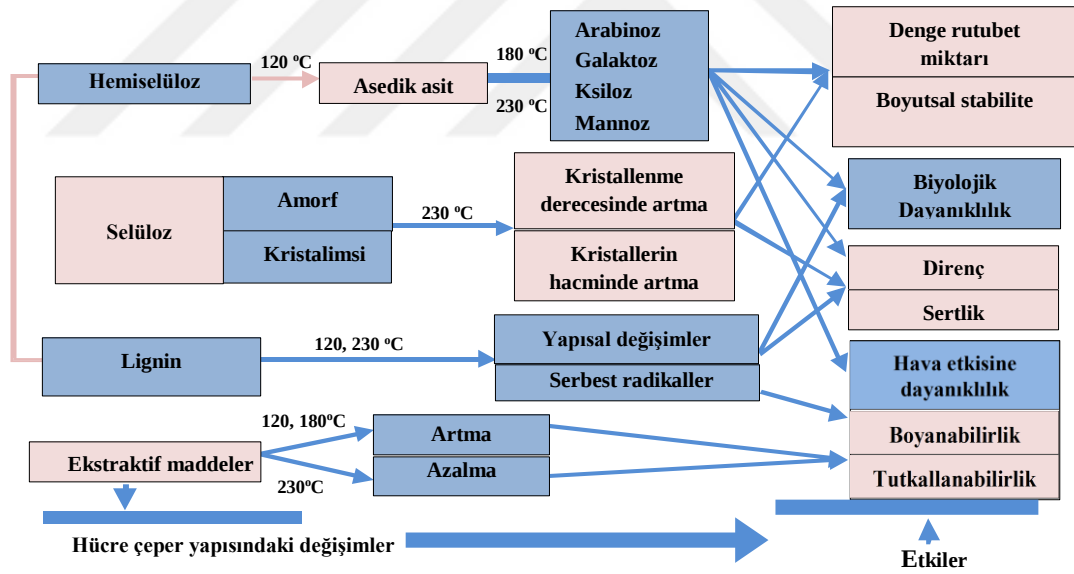
Selülozun, 165 - 185 °C gibi düşük ısı işlem sıcaklıklarında bozunmasının sınırlı olduğu bilinmektedir. Selüloz % 60 oranında yüksek derecede düzenli kristalimsi yapıya sahiptir. Bu durum selüloz zincirlerinde yüksek bir stabilite sağlamak ve hidroliz (molekölün bir su molekülü ilavesiyle iki parçaya ayrılması) süresince onları asit saldırısına karşı korumaktadır. Kristalimsi selülozda bulunan hidroksil gruplarının fiziksel olarak bloke edilmiş olması reagent uygulamasına tepki vermesini engellemektedir. Selülozun sahip olduğu hidroksil grupları kimyasal tepkimelere daha az dahil olur. Ancak amorf selülozun hidroksil gruplarının asetik asit tarafından depolimerize edilmesiyle reaksiyon mekanizmasına dahil olabilmektedir. Aynı zamanda, amorf bölgelerin termal bozulmaya kristal kısımlarından daha fazla duyarlı olduğu ve uzun süre ısı işleme maruz kalan selülozun makromolekül zincirinde kopmalara neden olmaktadır ve bu durum selülozun polimerizasyon derecesini azaltmaktadır (Korkut ve Kocaefe, 2009; Pelit, 2014; Gürleyen, 2018).

Hemiselülozlar odunun kuru ağırlığının % 20 - 30'unu oluşturur. Hemiselülozlar ağaç malzemenin yapısında selüloz ve lignin arasında arayüz olarak düşünülebilirler. Hemiselülozlar ısıya karşı en çok duyarlı olan bileşenlerdir ve makro moleküler bileşenlerden daha fazla bozunduğu kabul edilir. Oduna ısı uygulandığında, hemiselülozlar ilk olarak 160 °C ile 220 °C'de ayrışır ve çeşitli uçucu bileşiklerin oluşumuna neden olmaktadır. Hemiselülozlardaki asetil gruplarının varlığı, asetik asidin oluşumuna yol açarak, polisakkaridlerin asitle katalize olmasına yani bozulmasına neden olmaktadır. Isıl işlem süresi ve sıcaklığı hemiselüloz bozunmasını etkileyen iki önemli faktördür. Sıcaklık ve süredeki artmaya bağlı olarak arabinoz ve galaktoz gibi yan zincir bileşenleri ayrılır ve bunu mannoz glikoz ve ksiloz gibi ana bileşenlerin bozunması izler. Hemiselülozlar ısı işlem süresince hidroliz reaksiyonları tarafından oligomer ve monomere depolimerize olur. (Korkut ve Kocaefe, 2009; Pelit, 2014; Gürleyen, 2018).

Lignin, odun bileşenleri içerisinde ısıya karşı kendini en iyi koruyabilendir. Lignin konfigürasyonda geniş bir varyasyona sahip olan amorf bir polimerdir ve en hidrofobik ve fenolik bir bileşendir. Ortalama moleküler ağırlığı analiz etmek oldukça zordur ve kullanılan analitik metotlara bağlı olarak birçok farklı değer rapor edilmiştir. Odundaki lignin miktarı %20 - 40 arasında değişmektedir ve genellikle odun yapısının

yapıştırıcısı olarak kabul edilmektedir. Sıcaklık ancak 200 °C'nin üzerinde kütlelerinde azalma meydana gelir ve β -aril-eter bağları kırılmaya başlar. 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. Yüksek sıcaklıklarda ligninde metoksi grupları azalır ve yoğunlaşmamış ünitelerden bazıları defenilmetan olarak tanımlanan ünitelere dönüşür. Defenilmetan üniteler 120 - 220 °C sıcaklık aralığında meydana gelen yoğunlaşma reaksiyonu olarak tanımlanır ve ligninin renk, reaktivite ve çözünme gibi özelliklerinde etkilidir. Isıl işlem sürecinde lignin ve hemiselülozlar arasındaki kovalent bağlar kırılır ve yüksek reaktiviteyle düşük molekül ağırlığında lignin parçaları üretilir (Korkut ve Kocaefe, 2009; Pelit, 2014; Gürleyen, 2018).

Isıl işlem uygulanmış odunun reaksiyon mekanizması Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Isıl işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması (URL-4, 2019)

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. Odun kuru ağırlığa göre genellikle %2 - %8 oranında ekstraktif madde içermektedir. 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. 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 moleküllü lignin parçaları olarak kabul edilebilmektedirler. Ekstraktif maddelerin çoğu özellikle de en uçucu olanları ısıtma işlemi sırasında kaybolur veya bozulurlar, fakat hücre duvarı yapısal bileşenlerinin bozulmasından kaynaklanan yeni bileşikler ortaya çıkmaktadır (Gürleyen, 2018).

2.3.2.2 Fiziksel özelliklere etkileri

Isıl işlem görmüş odun, ısıtma işlemi görmemiş odundan daha düşük bir yoğunluğa sahiptir. Bu durumun temel nedeni ısıtma işlemi sürecindeki odunun ağırlık kaybı sonucu kütlesindeki değişimdir. Yüksek ısıtma işlemi sıcaklıkları kullanıldığında odunun yoğunluğu azalmaktadır. Yoğunluğun azalmasının nedenleri hemiselüloz ve diğer odun bileşenlerinin uçucu ürünlere dönüşmesi, ekstraktif maddelerin odundan buharlaşması ve ısıtma işlemi sonrası odunun daha az higroskopik özellik göstermesidir. Oduna uygulanan ısıtma işlemi, odundaki su adsorpsiyonunda önemli azalmaya neden olmaktadır. Odun karbonhidratlarında bulunan serbest hidroksil gruplarının su adsorpsiyonu ve desorpsiyonu sürecinde çok önemli görevleri bulunmaktadır. Şüphesiz ki, ısıtma işlemi süreci serbest hidroksil gruplarının azalmasına ve buna benzer başka sonuçlara sebep olabilmektedir. Bunlar; serbest hidroksil grupları da dahil olmak üzere toplam hidroksil grubu miktarındaki azalmaya neden olan karbonhidratların ve özellikle hemiselülozların depolimerizasyonu, hidroksil gruplarının su moleküllerine kolayca erişemediği kristalin selüloz oranındaki artış ve serbest hidroksil gruplarının suya erişilebilirliğini engelleyebilen lignin ağının çapraz bağ sayısındaki artıştır. Aynı zamanda bu sonuçlar ağaç malzemenin direnç özelliklerini arttırmakta ve boyutsal stabilite sağlamaktadır (Korkut ve Kocaefe, 2009; URL-4, 2019; Gürleyen, 2019).

Ağaç malzemenin fiziksel karakteristiklerinden olan renk, ısıtıl işlem uygulaması boyunca odunda meydana gelen oksidatif ve hidrolitik (hidrolizle ilgili) reaksiyonların sonucunda değişime uğrar ve koyulaşır. Bu renk değişimi yapraklı ağaçlarda olumlu bir etki olarak değerlendirilir. Renk ısıtıl işlem uygulanmış yapraklı ağaçlara ısıtıl işlem uygulanmamış olanlara göre daha tercih edilebilir özellik katmaktadır. Renk unsurunun ayrıca ısıtıl işlem uygulamasının kalitesini belirleme durumu söz konusudur. Kahverengi görünüm ısıtıl işlem uygulanmış kerestelerin kullanımını sınırlandırabilir veya kullanılacağı yere göre tercih edilebilme durumu olabilmektedir. Tipik odun dokusu görünümü ısıtıl işlem uygulaması sonucunda daha belirgin hale gelebilmektedir. ısıtıl işlem uygulaması süresince odundaki renk değişimlerinin kimyasal sebepleri bugüne kadar tam olarak açıklanamamıştır. Odunun doğal renginin kökeninde, ekstraktif maddelerin ve kromoforların etkili olduğu bilinmektedir ve ligninde kromoforik gruplar ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Oduna ısıtıl işlem uygulandığında, kimyasal reaksiyonlardan sonra renkli bileşiklerin oluşumuyla aldehidler ve fenoller oluşabilecektir. Odunun kurutulmasındaki özel bir sorun; kurutma sırasında yüzeye çıkan odunun özündeki şeker ve protein gibi çözünebilir bileşiklerden kaynaklanan bir problem olan kahverengi renklenmedir (Gürleyen, 2018).

2.3.2.3 Mekanik özelliklere etkileri

ısıtıl işlem, 150 - 280 °C'ler arasındaki yüksek sıcaklıklarda uygulanan şiddetli işlem şartlarına bağlı olarak odunun mekanik özelliklerinin azalmasına neden olmaktadır. ısıtıl işlem süresince gerek odun içerisinde gerekse yüzeylerde meydana gelen çatlaklar ve yarılmalar ağaç malzemenin direncinde ciddi sorunlara yol açmakta ve bu durumda mekaniksel özellikleri olumsuz etkilemektedir. Özellikle yüksek sıcaklıklarda olduğu bilinen formik ve asetik asit formasyonu öncelikle hemiselülozdan başlayarak birçok odun bileşenini tahrip eder ve bunun sonucunda kütle kayıpları meydana gelir. Kütle kayıpları sonucunda öz kütlenin düşüşü ve öz kütleye bağlı olan mekaniksel özellikleri de olumsuz yönde etkilemektedir (Korkut ve Kocaefe, 2009; Pelit, 2014).

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 ısı işlem, odunun mekanik özelliklerine pozitif katkı yapmaktadır. Odun ısıtıldığı zaman direnç ve sertlik özellikleri azalmakta, soğutulduğu zaman artmaktadır. Odunun kısa süreli ısıtılması ve soğutulmasında odun tekrar eski haline dönebilmektedir. Direnç ve sertlik özelliklerindeki dönüşümsüz azalmalar odun hammaddesinin uzun süreli ısıya tabi tutulması sonucu meydana gelmektedir. Sertliğin azalması ısı işlemin yoğunluğuna bağlıdır. Isıl işlem ne kadar yoğun olursa odundaki sertliğin azalması o kadar fazla olur. Yoğun olmayan (hafif) ısı işlem uygulamalarında denge rutubetinde meydana gelen düşme nedeni ile sertlikte çok az kayıp olur ve hatta odunda azalan rutubet nedeni ile sertlikte biraz artma bile meydana gelebilir (Aytin, 2013; Pelit, 2014; Gürleyen, 2018).

Isıl işlem süresinin ve sıcaklığının artmasına bağlı olarak odundaki kütle kayıpları da artmaktadır. Bu durum termal bozunma olarak adlandırılır ve termal bozunmada en çok etkilenen özellikler ise şok ve eğilme direnci olurken, en az etkilenen özellikler ise elastikiyet modülü ve kütle kaybıdır. 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 ısı işlem süresince hemiselülozun modifikasyonu veya bozunmasıdır. Eğilme direncindeki daha fazla azalma ısı işlem süresi ve sıcaklığına bağlı olarak artmaktadır. Eğilme direncinde düşüş (yaklaşık %35 - %50 arası kayıplar) genelde 200 °C'den sonra başlamaktadır. Hatta 100 °C ve üstündeki bazı sıcaklıklarda %10'a varan artışlar olabilmektedir. Bu nedenle ısıyla muamele edilmiş odunun elastikiyet modülünün değişmesi üzerinde sıcaklığın her zaman önemli olmadığı söylenebilir. Odunda budak bulunması halinde, ısıyla muamele edilmiş odunun elastikiyet modülü ve eğilme direnç değerleri muamele edilmemiş olana göre çok daha düşük olmaktadır. Isıyla muamele edilmiş odunun eğilme direncinin %40'dan daha fazla düşüş gösterdiği görülmüştür. Bu kusurlu olan bölgelerde daha da fazla olmaktadır. Birçok çalışmada, odun termal olarak kısa zaman periyotlarında ve düşük sıcaklıklarda muamele edildiğinde elastikiyet modülünde küçük bir artış (%2 - %5 arası) olduğu belirlenmiştir. Buna karşın sıcaklık ve muamele

süresinin artmasıyla elastikiyet modülünde %20 - %30 arasında düşüş olduğu gözlenmiştir (Pelit, 2014; Gürleyen, 2018).

Hücre çeperinin ana bileşenleri olan selüloz, hemiselüloz ve lignin odunun direncine farklı düzeylerde katkıda bulunmaktadır. Selüloz yüksek polimerizasyon derecesine sahip (selüloz zincirindeki anhidrid glukoz birimlerinin sayısı 5000-10000) olması ve kristalimsi (mikrofibril içersindeki selüloz uzun zincir moleküllerinin birbirine paralel uzandıkları kısım) yapısı nedeniyle odun lif direncinden öncelikli sorumlu tutulmaktadır. Isıl işlem uygulaması, selüloz polimerinin depolimerizasyonu sonucu amorf selülozun az miktarda fakat dikkate değer bozunmasına yol açmaktadır. Bu durum ısıl işlem uygulanmış odunun bazı direnç özelliklerinin azalmasında önemli bir sebeptir (Pelit, 2014).

Mekanik özellikler üzerine ısıl 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 bu da hücre çeperinin direnç özellikleri üzerine etki etmektedir. Buradan lignin polimer ağının odunun direnç özellikleri üzerine direkt olarak etki ettiği sonucuna varılabilir (Pelit, 2014).

2.3.2.4 Yaşlanma ve UV direnci üzerine etkileri

Isıl işlem uygulanmış kerestenin yüzeyleri yaşlandırma etkilerine karşı zayıflık gösterebilmektedir. Bu etkiler kerestenin dayanıklılığını etkilemez ancak odun yüzeyleri bir süre sonra grileşmeye başlar. Isıl işlem uygulanmış kereste yaşlanma öncesi koyu kahverenginde olduğu için bu renk değişimi ısıl işlem uygulanmamış keresteye göre çok daha belirgin olmaktadır. Direkt olarak gün ışığına (ultraviyole radyasyonuna) maruz bırakılan ısıl işlem uygulanmış panellerin yüzeylerinde ufak çatlaklar oluşabilmektedir. Pigment içeren yüzey işlemlerinin ısıl işlem uygulanmış panellerde uygulanması, yüzey çatlaklarını giderilmesi bakımından olumlu sonuçlar vermektedir. Doğal hava şartlarına maruz bırakılan ısıl işlem uygulanmış materyaller, yağmurla taşınan kirler veya havadaki mantarlar nedeniyle malzeme yüzeyinde

küflenmeye sebep olabilmektedirler. Yüzey işlemi uygulanmamış malzeme doğal çevre şartlarına maruz bırakılırsa mantarlar görülebilir fakat bu durum yalnızca yüzeysel olmaktadır ve silerek veya kazıyarak yüzeyden uzaklaştırılabilirler. Pigmentsiz veya düşük organik uçucu bileşikleri içeren boyalar ve yağlar ısıtılmış 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, ısıtılmış 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 ısıtılmış işlem metodunun kullanılması, dış kaplama ve doğrama uygulamalarında yüksek performans elde edilmesini sağlayacaktır (Gürleyen, 2018).

2.3.2.5 Yüzey işlemi ve boyama kabiliyeti üzerine etkileri

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

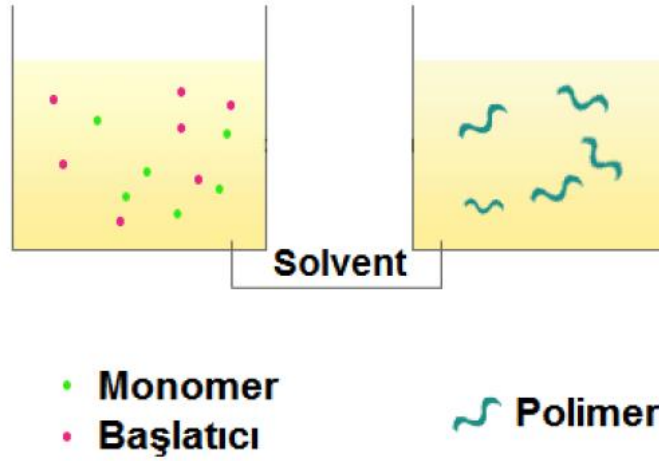
Isıl işlemlı kereste boya/vernık sistemlerinin penetrasyon ve adezyonunu etkilemektedir. Su bazlı sistemlerinin katmanlarının sertleşmesinde (kurumasında) daha uzun süreye ihtiyaç duyulur. Isıl işlemlı odun daha az higroskopik özellikte olduğu için bu sistemlerde kalın bir film tabakası oluşturmak yerine, oluşturulmak istenen katman kalınlığının birden fazla kez uygulama yaparak (örneğin 80 µm'lik bir kuru film tabakası yerine 40 µm'lik iki kuru film tabakası) elde edilmesi tavsiye edilmektedir. Gerekli yüzey gerilimi boyama sistemlerine katkı maddelerinin ilavesi ile ayarlanabilir. Isıl işlemlı odun organik çözücülü boya/vernık sistemleri (örneğin alkid sistemler) ile genel amaçlı boya ve vernikler (renklendiri ve yağlı boyalar gibi) ile boyanıp verniklenebilir. Şeffaf boya ve vernikler, yaşlanma etkilerinin koruyucu katmanının malzemeye olan adezyonunu azaltma riski olduğu için önerilmemektedir. Şeffaf koruyucu katmanlar kullanılacaksa da boya veya verniğin UV emici ve mavi renklenmeyi önleyecek kimyasal madde (biyosit) içermesi gerekmektedir. Isıl işlemlı odunda en iyi koruyucu katman yağlı astar boya, solvent bazlı alkid veya su bazlı akrilik son kat boya/verniklerdir. Isıl işlemlı odunda asit kürlenmeli ve su bazlı akrilik boyalar en iyi performansa sahiptir ve bu ürünler ile kaplanan malzemelerde katmanın pul pul dökülmesi gözlenmez (Korkut ve Kocaefe, 2009; Gürleyen, 2018).

2.4 Su Çözücülü (Bazlı) Sistem

Su çözücülü sistemler, düşük VOC (organik esaslı uçucu bileşik) içeren en yaygın kullanım alanına sahip olan çevre dostu sistemlerdir. Boya/vernık üretiminde günümüzde çözücü olarak solventler kullanılmaktadır. Birçok Avrupa ülkesinde çevreyi koruma ve insan sağlığına verilen önem arttıkça solvent kullanımı azalmaya başlamıştır. Günümüzde sıklığı ve önemi gittikçe artan alerjik sorunlara özellikle astımın oluşumunda, evde kullanılan mobilyaların, duvar kaplamalarının ve boyaların etkili olduğu bilimsel çalışmalarla gösterilmektedir. Bu konulardaki zorlamalar artmış ve çözüme yardımcı olmak için yapılan hukuki düzenlemeler boya/vernık üretiminde su çözücülü polimerlerin kullanımını arttırmıştır. Globalleşen dünyada boya talebinin gün geçtikçe mekanlara özgü, daha karmaşık ve daha özel projelere yöneldiği, bu yüzden de Ar-Ge çalışmalarında su bazlı ve yüksek katkılı boya türlerinde öncelik verildiği belirtilmektedir (Sönmez ve Budakçı, 2004; Aksakal, 2005; Kesik, 2009; Pelit, 2014; Akkuş, 2018; Genç, 2019).

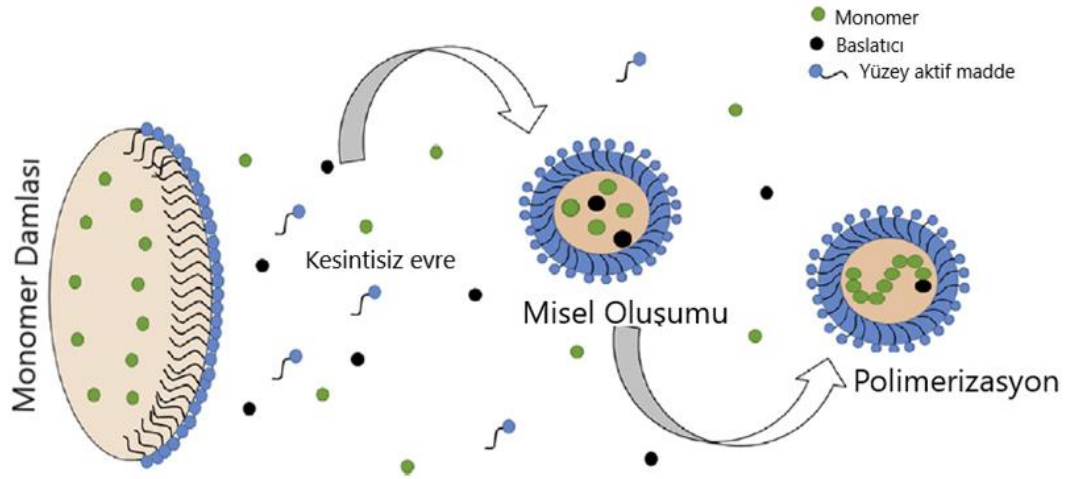
Su çözücülü sistemlerin üretim, tüketim ve kullanımlarının son yıllarda ortalamanın oldukça üstünde bir hızla artış göstermesi, su çözücülü sistemlerin üretiminde kullanılan farklı özellikteki reçinelerin üretilmesinden kaynaklanmaktadır. Su çözücülü sistemlerin formüle edilmesine olanak sağlayan bağlayıcı reçinelerin çok fazla çeşitlenmesi, diğer çevre dostu sistemlere kıyasla daha hızlı gelişmesine olanak sağlamıştır. Su çözücülü boya/vernük, alkid, polyester, epoksi, akrilik ve poliüretan yanında daha birçok reçineden üretilen boya/vernük türüdür. Kuruma reaksiyonları genel hatları ile hidroliz (iki molekülün kaynaşması veya iki parçaya ayrılmış elemanların iyonları arasında bağ kurulması) şeklindedir. Bu nedenle solvent çözücülü sistemlerden farklıdır. Endüstride önemli yer tutmaya başlayan bu sistemde polimerizasyon reaksiyonlarının kullanımı genellikle “çözelti ve emülsiyon” polimerizasyonu şeklindedir (Sönmez ve Budakçı, 2004; Toker, 2007; Kesik, 2009; Pelit, 2014).

Çözelti polimerizasyonunda sisteme çözücü ilave edilir (Şekil 2.7). Çözücü inerttir, yani reaksiyona katılmaz. Monomer ve polimer çözücüde çözünürse homojen, sadece monomer çözünürse heterojen çözelti polimerizasyonu oluşur. Çözelti polimerizasyonlu su bazlı yüzey işlemleri, bu alandaki en yeni gelişmelerden birisidir. Geliştirilen bu tür yüzey işlemlerinin, uygulamadaki başarı düzeyi ile ilgili kesin bilgiler henüz tam olarak edinilmemiştir. Ancak bugüne kadar elde edilen bilgilerden dispersiyonların çok olumlu sonuçlar verdiği söylenebilmektedir. Alkidler, poliesterler, akrilikler, poliüretanlar ve daha pek çok başka reçineden çok düşük düzeylerde uçucu organik bileşikler (VOC) içeren dispersiyonlar hazırlanabilmektedir (Pelit, 2014; Vatansever, 2015).



Şekil 2.7 Çözelti polimerizasyonu

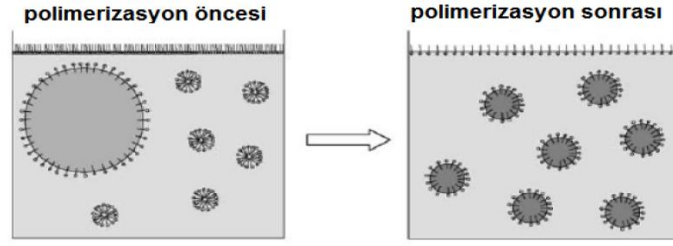
Emülsiyon polimerizasyonu ise, monomer veya monomer karışımlarının anyonik ve non iyonik emülgatör varlığında, suda çözünen bir başlatıcı ile gerçekleştirilen serbest radikal zincir polimerizasyonudur (Eren, 2019). Suda monomer ve başlatıcının dışında emülsiyon yapıcı madde de (yüzey aktif madde) bulunur (Şekil 2.8). Başlatıcı ve emülsiyon yapıcı madde suda çözünmelidir. Emülsiyon yapıcı madde hem hidrofilik hem de hidrofobik kısımlar içermelidir. Monomer, emülsiyon yapıcı madde yardımıyla su içinde çok ince bir şekilde dağılır (dispersiyon). Yüzey aktif maddeler belli bir konsantrasyonda monomer damlacıklarının etrafında küre şeklinde misel oluşturur. Her misel yaklaşık 50-100 yüzey aktif maddeden oluşur. Emülsiyon polimerizasyonunun başlangıcında misel yapıcı yüzey aktif madde ve su karıştırılır. Karışımda bulunan misellerin bir kısmı suda çözünür, bir kısmı da bir araya toplanarak küresel miseller oluşturur. Daha sonra ortama monomer katılır. Başlangıçta monomerlerin tamamı damlacık halinde bulunur. Yüzey aktif maddenin hidrofobik kısımları monomer damlacıklarının birleşmesini engeller. Monomerin bir kısmı misel içerisine girerek miseli şişirir diğer kısmı ise suda dağılır. Başlatıcı ile polimerleşme monomer üzerinden yürür. Misel içerisindeki monomer bittikçe difüzyon ile monomer damlacıklarından misele monomer geçişi olur. Polimerleşme tüm monomerler bitene kadar devam eder (Vatansever, 2015).



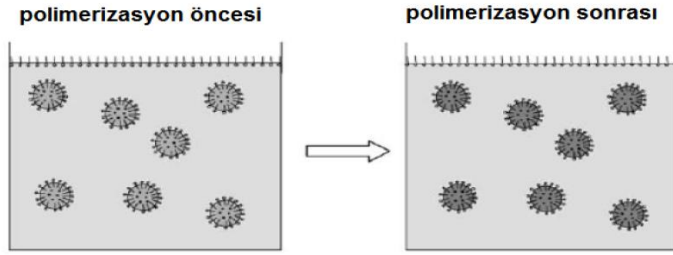
Şekil 2.8 Emülsiyon polimerizasyonu mekanizması (Iqbal ve Ahmad, 2018)

Oluşan polimerlerin tane boyutu ortalama 10-50 nm arasında ise mikroemülsiyon sistem olarak adlandırılır. Eğer tane boyutu 1 mikrondan büyük ise sistem makroemülsiyon olarak adlandırılır. Makroemülsiyon sistemi kararlı değildir, polimer parçacıkları kolayca çöker. Bu iki tip emülsiyon sisteminin haricinde miniemülsiyon adında başka bir tip emülsiyon sistemi de bulunmaktadır. Miniemülsiyon sisteminde monomer su emülsiyonu ultrasonik karıştırıcı ile yüksek hızda karıştırılarak yaklaşık 50-500 nm aralığında monomer damlacıkları elde edilir. Polimerizasyon, doğrudan bu damlacıkların başlatıcı yardımıyla polimere dönüşmesi sonucu oluşur. Kısacası normal emülsiyon polimerizasyonunda polimer çekirdekleri misel ile oluşurken (Şekil 2.9) mini emülsiyon polimerizasyonunda polimer çekirdeklerini monomer damlacıkları oluşturmaktadır (Vatansever, 2015).

EMÜLSİYON



MİNİEMÜLSİYON



Şekil 2.9 Emülsiyon-Miniemülsiyon polimerizasyon farkı (Vatansever, 2015)

Emülsiyon yüzey işlemleri en eski su çözücülü sistemlerdir. Bu tür yüzey işlemi sistemleri özellikle Avrupa’da giderek artan miktarlarda kullanılmakta ve kabul görmektedir. Çok düşük VOC içerdiklerinden ve çok üstün özellikleri nedeniyle tercih edilmektedirler. Mümkün olduğunca düşük oranlarda katkı maddesi içeren ve bağlayıcı reçine tanecikleri giderek daha fazla küçültülebilen emülsiyonlar bu konudaki temel geliştirme olanakları olarak gözükmemektedir (Pelit, 2014).

Su çözücülü boya/vern timer sistemi uzun yıllardır bilinmekte ve kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe uzun zamandır kullanılmaktadır ve yaygın kullanım alanına sahiptir. Bu sistemlerin, ahşap endüstrisinde kullanımının geç başlaması ve yaygınlaşmasının geç olmasının altında, sistemin ilk kullanılmaya başlandığında suyun ahşaplar ve metaller ile uyumsuzluğu, ahşap malzemelerde doku ve lif kabarmaları, bakım zorlukları gibi sebeplerden kaynaklanmıştır (Sönmez ve Budakçı, 2004). Günümüzde su bazlı sistemlerin uygulama ve kullanımındaki dezavantajlarının birçoğu nanoteknoloji ile aşılmıştır. Nanoteknoloji ve nanomalzemeler ile boya ve kaplama sektöründe yanmayı geciktirme, antimikrobiyel özellik, UV ışığı ya da güneş ışığı ile kendi kendini temizleme özelliği, çizilmezlik, aşınmazlık, korozyon direnci, ses izolasyonu, korozyon ve dış etkenlere yüksek direnç sağlama özelliği, güneş ışığına dayanım, kolay temizlenebilme gibi pek çok fonksiyon bir arada ya da ayrı ayrı

sağlanabilmektedir. Bu fonksiyonlar nanoboyutlarda titanyum dioksit, çinko oksit, alüminyum oksit, fumed silika, kil, indiyum tin oksit, zirkonyum oksit, karbon gibi metal veya minerallerle sağlanmaktadır. Böylece birçok alanda nano yapılı su bazlı sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Nanoteknolojik akrilik modifiye poliüretan, hibrid, poliüretan, gelişmiş akrilik, ultra hızlı oksijen reaksiyonlu poliüretan ve bunların türevleri olan tek ve çift bileşenli su bazlı boya/vernükler uzay teknolojisinde, mimari ve askeri alanlarda, ahşap, alimünyun, PVC vb. birçok malzemede kullanılmaya başlamıştır. Bu boyalar çok düşük VOC değerlerine (Reçinede en fazla 90 g/l ve boyalarda en fazla 60 g/l) sahip olmaları nedeniyle geleceğin boya teknolojisi olarak gösterilmektedir. Düşük VOC ile birlikte hiçbir HAPs (Tehlikeli Hava Kirleticisi) ve POPs (Kalıcı Organik Kirleticiler) ürün içermemektedirler. Su bazlı roket boyaları, uçak ve radom boyaları, astarsız alüminyum boyaları, PVC boyaları, galvaniz boyaları, uçak hücum kenarı boyaları, pas üzerine direkt uygulanan boyaları, askeri kamuflaj (ultra mat UV / görünür alan / IRR-IRA / Radar Absorblayıcı RAC boyaları) boyaları, anti statik, anti mikrobiyel, anti graffiti boyaları, ahşapta ultra mat veya ultra parlak, şeffaf veya renkli boya/vernük çeşitleri nano su bazlı sistem ürün örneklerindendir. Nanoteknolojik boya/vernüklerin ağaç malzemede su buhar geçirgenlikleri mükemmel olduğu için bükülme yapmazlar ve yerinde boyama ve tamirat mümkündür (Demir, 2011; URL-5, 2019).

2.5 Doğal ve Yapay Yaşlandırma

2.5.1 Doğal Yaşlandırma

Ağaç malzeme şüphesiz, yapısal özellikleri, mühendislikte çekiciliği ve farklı kullanım alanları olduğu için geçerliliği kabul edilmiş dayanıklı bir malzemedir. Diğer biyolojik canlılar gibi çevresel yıkımlamalara karşı duyarlıdır. Ağaç malzeme biyolojik veya fiziksel bir etki tarafından bozunmaya uğradığında ağacın organik bileşenlerinde (polisakkaridler (selüloz, hemiselüloz) ve polifenoller (ligin)) değişiklikler meydana gelmektedir (Feist, 1990; Williams 2005; Karamanoğlu, 2012).

Açık hava koşullarının etkisi, kimyasal, mekanik ve ışık enerjisi faktörlerinin kompleks bir birleşimidir. Mekanik güçler (rüzgar, kum, kir), ışık (UV, IR), sıcaklık,

ve rutubet (yağmur, kar, nem, çiy) etkisi ile ağaç malzeme yüzeyinde meydana gelen renk değişimi, yüzey pürüzlüğü ve çatlamlardır. Bütün ağaç türleri uzun süre atmosferik koşullarda açık hava etkisine maruz kaldıklarında ekstraktif maddeler ve odunlaşmamış lifler ayrılmakta ve ağaç malzeme grileşmektedir. Güneş ışınları (fotokimyasal bozunma) ve suyun (yağışlar, yağmur suyu, kar) birleşik etkisi odunun ana bileşiklerini bozmakta ve yüzeyi mikroorganizmalar tarafından hızlı bir şekilde bozulacak bir ağa dönüştürmektedir. Dış hava koşullarında bozunma, güneş ışınlarının UV etkisi, ıslanma-kuruma döngülerinin etkileri ve biyolojik mikroorganizmaların neden olduğu ve öncelikle ligninin bozunması ile başlayan hücre duvarında meydana gelen kimyasal değişimlerin bir sonucudur. Islanma ve kuruma döngülerine ek olarak donma ve çözünme döngülerinin de etkisi bulunmaktadır. Bozunma genellikle ligninin ayrışması sonucu orta lamelde meydana gelen hücre ayrılması ile ortaya çıkmaktadır. Ağaç malzeme hücre duvarında sekonder çeper lümen yüzeylerinin aşınması ile lif veya lif demetlerine ayrılmaktadır. Mikrofibril demetleri hücre duvarındaki kimyasal ve fiziksel süreçlerden dolayı soyulmaktadır. Bunun yanında, ağaç malzemenin hızlıca ıslanması ve kuruması, nem değişimleri, sıcaklık, rüzgâr, atmosferik koşullar, oksijen ve malzeme yüzeyinde yürüme, yüzeyleri temizleme (temizleyiciler, parlaticılar, tazyikli su ile yıkama, zımparalama vb.) gibi insan aktiviteleri ağaç malzeme yüzeyini bozmaktadır (Feist, 1983; Feist, 1990; Williams 2005; Kılıç ve Hafızoğlu 2007; Bucur ve Martin, 2011; Karamanoğlu, 2012). Herhangi bir koruma işlemine tabi tutulmaksızın dış hava koşullarına maruz kalan her tür ağaç malzeme;

- 1-) UV etkisi altında fotobozunmaya,
- 2-) Su etkisi ile yıkanmaya, hidrolize ve şişmeye,
- 3-) Kirlenme ve çürütücü mikroorganizmalar etkisi ile renk bozunması ve ayrılmaya uğramaktadır (Feist, 1983; Karamanoğlu, 2012).

2.5.1.1 Dış hava koşullarının yıkımlayıcı faktörleri

Açık hava koşullarına maruz kalmış ağaç malzeme yüzeyine etki eden bozucu faktörler genel olarak şunlardır;

- Rutubet (çiy, yağmur, kar ve nem)

- Güneş ışınları (UV ışınlar, gözle görülen ve kızıl ötesi ışınlar)
- Diğer faktörler (Feist, 1983; Feist 1990; Karamanoğlu, 2012).

Bu faktörlerden en fazla zararı veren UV ışınlar, ağaç malzeme yüzeyinde kimyasal değişiklikleri başlatmaktadır. Son zamanlarda bozunma faktörlerine UV ışınların yanında sülfür dioksit, azot dioksit ve ozon gazı gibi atmosferi kirletici gazlarda bulunmaktadır. Bu bozucu etkileri rutubet, asit yağmurları, ışık, sıcaklık gibi faktörler izlemektedir (Feist, 1990; Karamanoğlu, 2012).

Rutubet (Nem) etkisi

Bozunmanın asıl nedeni, ağaç malzeme yüzeyindeki rutubet miktarının hızlı değişimidir. Korunmasız ağaç üzerine düşen yağmur ya da çiy, kapiler hareket ile yüzey katmanları tarafından çabucak emilmekte, bunu hücre duvarlarının adsorpsiyonu takip etmektedir. Ağaç malzeme su buharını direk olarak dışarı atmakta ama artmış olan nispi nemin altındakini adsorbe etmekte ve ağaç malzeme şişmektedir. Ağaç malzemede iç ve yüzey arasındaki rutubet değişimi nedeni ile şişme ve büzülme gerilimleri meydana gelmektedir. Ağaç malzemede yüzey çatlakları ve çarpılma (biçimsel bozunma) bu düzensiz gerilimlerin sonucudur (Feist, 1990; Karamanoğlu, 2012).

Güneş ışınları etkisi

Güneş ışınları ağaç malzeme yüzeyinde oldukça hızlı fotokimyasal bozunma meydana getirmektedir. Güneş ışınlarına maruz kalan ağaç malzemenin rengi sararmakta veya kahverengileşmekte, sonra grileşmektedir. Bu renk değişimleri ağaç malzeme yüzeyindeki hücrelerin lignininin bozunmasından olabilir. Değişiklikler, kesinlikle yüzeyden algılanabilen ve sadece 0.05-2.5 mm derinlikte meydana gelmektedir. Güneş ışınlarının neden olduğu bozunmada özellikle UV ışınlar, öncelikle ligninde ve bunu takip eden renk değişimleri ile kimyasal bileşimlerde değişikliklere neden olmaktadır (Feist, 1990; Karamanoğlu, 2012).

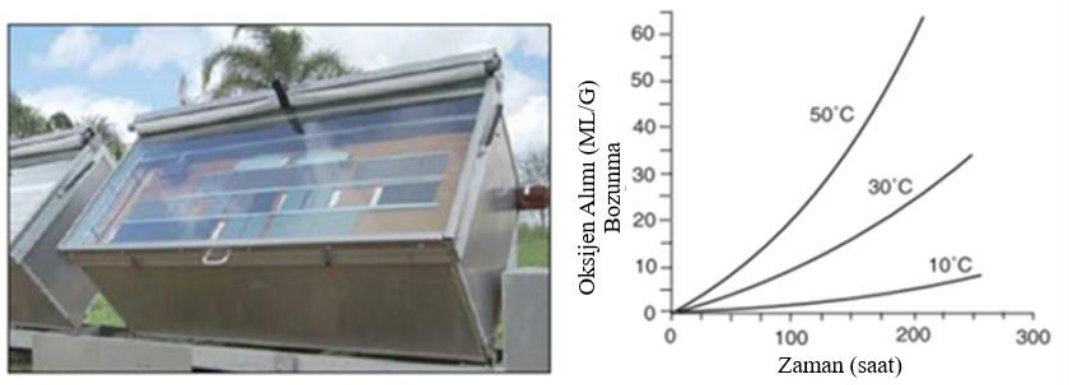
Diğer faktörlerin etkileri

Sıcaklık, UV ışın etkisi, su miktarı ve sıcaklık artmadıkça fotokimyasal ve oksidatif reaksiyon oranında artışa sebep olacak bir bozunma faktörü olmamaktadır. Emilen suyun donma ve erimesi ağacın çatlamasına sebep olmaktadır. Aşındırma veya

mekanik etkiye sebep olacak rüzgâr, kum ve kir gibi etkiler ağaç malzeme yüzeyinin bozunmasında önemli olmaktadır. Yüzey çatlakları arasına dolmuş kum gibi küçük tanecikler ağaç malzemenin genişleme ve daralmasında lifleri zayıflatmaktadır (Feist, 1990; Karamanoğlu, 2012).

2.5.1.2 Dış ortam yaşlandırma testleri

Doğal ortamda yürütülen testler, koruyucu katman uygulanmış malzemelerin açık hava koşullarına karşı direncini belirlemek için yapılan en güvenilir testlerdir. Bu maksatla, dış ortam testleri, koruyucu katman (yüzey işlemi) uygulanmış malzemelerin kullanılacağı ortamlarda yapılabileceği gibi bazı bölgelerde inşa edilen Şekil 2.10 ve Şekil 2.11'deki test istasyonlarında yapılabilmektedir (Ulay, 2018).



Şekil 2.10 Siyah kutu yaşlandırma platformu üzerine sıcaklık etkisi (Ulay, 2018)

Doğal test ortamlarında testin etkisini arttırmak ve süresini kısaltmak için çeşitli düzenekler geliştirilmiştir. En yaygın kullanılanı ve amacı maruz kalınan ışık etkisini arttırmak olan düzenekte doğal test ortamlarına aynalar yerleştirilmektedir (Şekil 2.11). Bu yöntemin esası, çoklu yansımayı arttırarak sıcaklığı yükseltmek ve artan sıcaklık ile bağıl nemi düşürmektir. Düzenekte nemin tahrip edici etkisini arttırmak için panellerin üzerine belirli aralıklarla safsu püskürtülmektedir (Ulay, 2018).

Dış ortam yaşlandırma test cihazları uzun yıllardır kullanılmakta olup, bilim insanları ve yüzey kaplaması üreticilerinin ortak çalışmalar yapmaları için standart olarak test bölgeleri belirlenmiştir (Ulay, 2018).

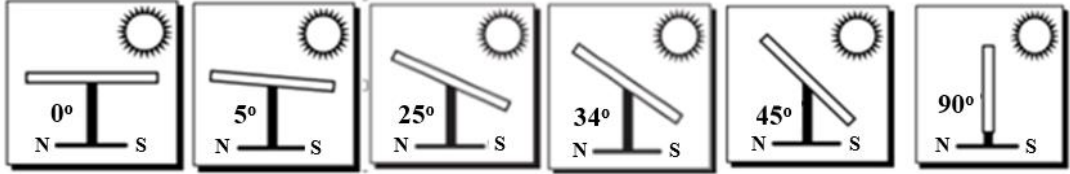


Şekil 2.11 Dış ortamda güneş ışınının ayna ile parça üzerine yansması (Ulay, 2018)

Florida’da yapılan test alanlarında bir yılda meydana gelen yaşlanma etkisinin, Orta Avrupa’da iki yılda oluşan etki ile karşılaştırıldığında aynı seviyede olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla coğrafi farklılıkların yaşlandırma üzerinde farklı oranlarda etkisi vardır. Her bölgenin kendine özgü ve değişken olmakla birlikte dış ortam yaşlandırma testlerinin yapıldığı yere özgü farklı etkileri mevcuttur. Türkiye için, tüm bölgelerin hava ve iklim şartlarına bağlı yaşlandırma etkisinin belirlenmesi ve bu bilgi bankalarının oluşturulması gerekmektedir. Kullanım yerindeki koşullarının ahşap malzeme üzerine yaşlandırma etkisi olacağının bilinmesi kullanıcılara önemli faydalar sağlar (Ulay, 2018).

Bu bağlamda dış ortamda yapılan yaşlandırma işlemleri çok uzun zaman aldığı için hızlandırılmış yaşlandırma testleri alternatif çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Farklı yaşlandırma teknikleri ile oluşturulan düzenekler bazı değişkenler esas alınarak tasarlanmaktadır. Bu değişkenler; günün zamanı, yılın zamanı, enlem, rakım, hava koşulları, yerleşim, yerel coğrafi özellikler gibi rüzgâr, çiy, sıcaklık gibi birçok değişken faktörlerdir. Bulunan bölge hatta konum, rakım, iklim koşulları vd. unsurlar dış hava koşullarını oluşturmaktadır. Doğal ve hızlandırılmış doğal dış ortam testlerinin yapıldığı yerde deney örnekleri konumu Şekil 2.12’de olduğu gibi farklı açılarda olmak üzere yerleştirilebilir. Genellikle deney örneklerinin konumu belirlenirken kullanılacak son ürünün kullanım yerindeki pozisyonu dikkate alınarak karar verilir. Örneğin zeminde kullanılacak ahşap 0° veya 5° çatılarda kullanılacak ahşap malzeme 25 - 45° arasında, binalarda dış veya iç duvar cephe kaplaması olarak kullanılan ahşap malzeme yer düzlemine 90° dik olacak şekilde konumlandırılır. Ayrıca deney platformunun konumu kuzey-güney yönü esas alınarak

yerleştirilebildiği gibi doğu-batı istikameti doğrultusunda da konumlandırılabilir. Dış ortamda koruyucu katman ile korunmamış malzemeler korunmuş malzemelere nazaran daha hızlı ve farklı şiddette tahribata ve yaşlanmaya uğramaktadırlar (Ulay, 2018).



Şekil 2.12 Dış ortamda Güney yönünde farklı açılarda yerleştirilen raflar (Ulay, 2018)

2.5.2 Yapay (Hızlandırılmış) Yaşlandırma

Yüzey katmanı oluşturulan malzemelerin, dış ortam dayanımlarını belirlemek için dış ortam ve hızlandırılmış laboratuvar testleri kullanılır. Testlerdeki amaç, boya ve vernik katmanının uzun yıllar devam edecek dayanımını belirlemektir. Bu durum dış ortam testleri ile uzun zaman almaktadır. Bu nedenle hızlandırılmış yapay yaşlandırma testleri geliştirilmiştir (Ulay, 2018).

Geliştirilen hızlandırılmış laboratuvar testlerinde dış ortam etkisini oluşturmak için; güneş ışığı, sıcaklık farklılıkları, nem yoğunluğu ve yağmur etkisini taklit edecek döngüler oluşturulmuştur. Bu testlerde kullanılan morötesi (UV) ışınlar, görünür ve kızılötesi (infrared) bölgeleri güneş ışınlarının zarar veren bölümü UV bölgesinde 295 nm'ye kadar olan kısa dalga boylarıdır (Ulay, 2018).

UV ışınları üç tiptir (UV-A, UV-B ve UV-C) 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 (Gürleyen, 2018).

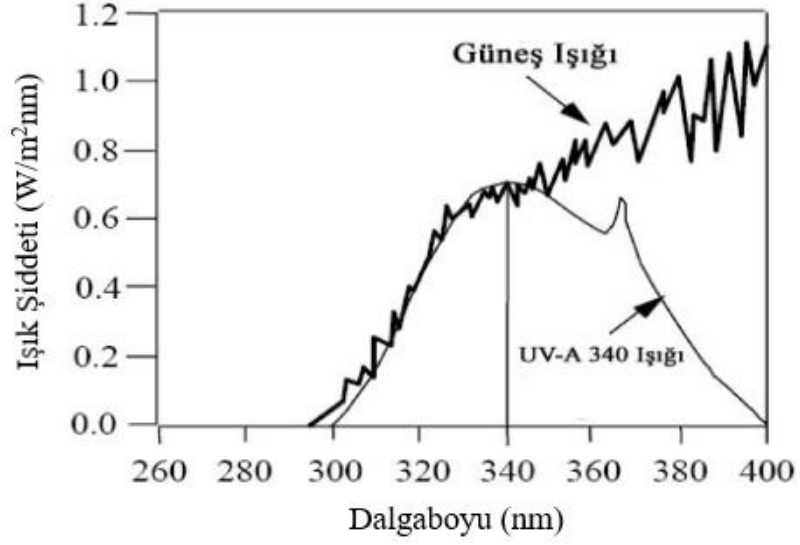
Dış ortam şartları ile hızlandırılmış UV testler karşılaştırıldığında birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. UV testlerde güneş ışığı karbon lambası, xenon arc lambası ve floresan lambaları UV ışınları daha benzer ısınma yaptıkları ve yüzeylerde (katmanlarda) keskin değişikliklere neden oldukları için tercih edilmektedirler. Testlerde açık ve kapalı karbon ışık kaynağı, floresan lamba, cıvalı ışık kaynağı ve güneş ışığının yoğunlaştırılıp yansıtılması yöntemleri ışığın iklim etkisini hızlandırmak için kullanılmaktadır. Dış mekân yaşlandırma rafları ve hızlandırılmış yaşlandırma odaları, hava koşullarına dayanıklılık açısından malzemelerin test edilmesine yönelik iki ana yöntemdir. Zaman kavramının çok önemli olduğu endüstriyel dünyada, dış hava koşullarına maruz bırakılan deney malzemelerine ait test sonuçları çok uzun süreler alabilmektedir. Bu nedenle, birçok ürünün uzun süreli dış mekân dayanıklılığı hakkında veri sağlamak için hızlandırılmış (yapay) laboratuvar testlerine ağırlık verilmiştir (Ulay, 2018).

2.5.2.1 Yapay (hızlandırılmış) yaşlandırma testleri

Florasana lamba (UV) ile yaşlandırma uygulamaları

UV Testi, UV ışınları yayan lambalarla, yüzeyde yoğunlaşan nemin etkilerinin ardışık periyotlarla uygulandığı test kabinlerinde yapılmaktadır. Testte kullanılan ve UV ışını yayan floresan lambalar içerdikleri dalga boyları ile güneş ışığına göre daha yüksek enerji içermektedir. Dolayısıyla testin, doğal dış ortamda hiçbir zaman gündeme gelmeyecek tahribatlara nedene olması söz konusu olabilmektedir. Fakat tüm benzeşim sorunlarına rağmen floresan lamba (UV) testi yaygın olarak kullanılmaktadır (Gürleyen, 2018).

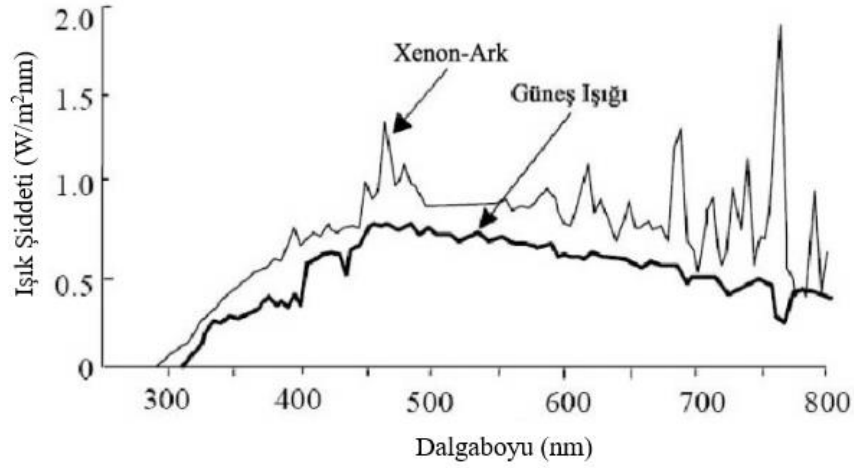
UV ışınları ile yaşlandırma işlemi başlangıç maliyeti düşük bir gidere sahiptir ve sadece belli sürelerde değiştirilmesi gereken floresan lambalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu durum bakım harcamaları konusunda da düşük bir maliyet getirmektedir. Farklı tipte UV-Florasana lambalar, farklı UV ışınma aralığı için kullanılmaktadır. Şekil 2.13'te UV-A 340 lambası ışığının dalga boyu analizi gösterilmektedir. UV-A lambası; 300-400 nm arasında kalan ışık yayılımı aralığındaki ısınımı temsil etmede kullanılmaktadır (Gürleyen, 2018).



Şekil 2.13 Güneş ışığı ve UV-A 340 lambası ışığının dalga boyu analizi (Çakıcıer ve Korkut, 2009)

Xenon Arc Lamba ile hızlandırılmış yaşlandırma uygulamaları

Xenon-ark lambalarıyla güneş ışığı etkisinin benzeştirilmeye çalışıldığı bu test cihazlarında, UV'ye göre biraz daha uzun süren, fakat gün ışığına en yakın yaşlanma etkisi sonucunu veren daha güvenilir testler yapılabilmektedir. Yaygın kullanılan bir diğer cihaz türü de Karbon Kıvılcım Lambaları ile güneş ışığının tahrip edici etkisinin oluşturulabildiği Gün Işığı Weatherometreleri (Sunshine Weather-Ometer: SWOM) dir. Yüzey işleme katmanının dış ortam dayanımı ile SWOM testlerine dayanım davranışları arasında önemli derecede benzerlikler olduğu bilinmektedir. Bunu yanında >295 nm'den daha büyük bir filtre takılmış xenon-ark lambasının, dış ortam yaşlandırmasına çok yakın bir benzerlik değeri sağladığı bildirilmiştir. Bir diğer durum, borosilikat dahili ve harici filtrelerin kullanılması ile ışıının spektrumu doğal ışık kaynağına benzerlik göstermektedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Xenon-ark lambası ısısı ve güneş ışığının dalga boyu (borosilikat filtrelili) analizi (Çakıcıer ve Korkut, 2009)

Isıl (Termal) işlemler ile hızlandırılmış yaşlandırma uygulamaları

Bu yaşlandırma uygulamaları çalışmalarında örneklerin sıcaklıkları arttığında; artan sıcaklık meydana gelecek her türlü kimyasal işlemleri aynı derecede etkilememektedir. Polimerlerin ısı tahribatının ilk aşaması aktivasyon enerjisidir. Isıl tahribat boyunca sıcaklık arttığında oksidasyon ve hidroliz reaksiyonları aynı paralelde devam ederler. Aldıkları enerji ile molekül bağları kopar ise dönüşümsüz şekilde değiştirilirler. Örneğin, oksijen molekülünden bir parça kopartıp bunu su, karbondioksit ve formaldehit gibi gaz haline dönüşürse, dağılan orijinal moleküller kendilerini tekrar tamamlayamazlar. Ortamda rutubet olması durumunda sıcaklık daha etkilidir. Saf sıcaklık etkisiyle oluşan tahribat pirolitik, termolitik tahribat veya termoliz olarak tanımlanır. Oksijen bu reaksiyon koşullarında işlem dışı tutulur. Bu işlem ve reaksiyonlardan bahseder iken termaloksidatif tahribat akla gelmektedir. Termaloksidatif reaksiyonlarda oksijen reaksiyona katılır/bulunur ve reaksiyon ısı desteklenir. Yüksek sıcaklıklarda birbirleri ile bağ kurarak sertleşen polimerlerin bile sıcaklık 32 °C’de sabit tutulursa önemli bir bağ kopması meydana gelmektedir (Ulay, 2018).

2.6 Literatür Özeti

Çalışma kapsamında literatürdeki konu ile ilgili çalışmalar aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Budakçı (2003), farklı ağaç türleri üzerine farklı vernikler uygulayarak yüzeye yapışma dirençlerini ölçmüş, su çözücülü verniklerin, solvent çözücülü poliüretan ve akrilik verniklere göre daha düşük yapışma direnci gösterdiğini belirtmiştir.

Budakçı vd. (2019), yaptıkları çalışmada farklı ağaç malzemelere farklı metotlar ve kimyasallar ile reçine temizleme işlemi uygulamış ve yüzeylerine tek ve çift bileşenli su bazlı vernikler uygulayarak yapışma direncini belirlemiştir. Çalışma sonucuna göre reçine temizleme metot ve kimyasallarının su bazlı verniklerin yüzeye yapışma direncini azalttığını belirlemiştir.

Blanchard ve Blanchet (2011), yaptıkları çalışmada verniklere katılan inorganik UV emici nanoparçacıkların boyutunun, konsantrasyonunun ve formunun (toz veya suda önceden dağılmış) renk üzerine etkisini belirleyen önemli faktörler olduğunu belirtmiştir.

Sow vd. (2011), yaptıkları çalışmada UV kürlenmeli su bazlı poliüretan verniği çeşitli nanoparçacıklar ile modifiye etmişlerdir. Nanoparçacıkların sertlik, pürüzlülük, çizilme ve yüzeye yapışma dirençlerini arttırdığını belirtmişlerdir.

Sönmez (1989), ağaç malzeme verniklerinde uygun seçilmeyen katkı maddelerinin verniğin kohezyon ve adezyon kuvvetlerini etkilediğini, verniklerin esnekliğini arttırmak için kullanılan plastifiyanların ise yüzeye yapışma mukavemetini azalttığını tespit etmiştir.

Kesik ve Akyıldız (2015), karaçam, kızılçam, meşe ve kestane odunlarına üç farklı sıcaklıkta ve iki farklı sürede (130, 180 ve 230 °C, 2 ve 8 saat) ısıtma işlemi uygulamış ve yüzeylerine çift komponentli su bazlı vernik uygulayarak yüzeye yapışma direncini belirlemişlerdir. En yüksek yüzeye yapışma direncini sırasıyla meşe, kestane, karaçam

ve kızılçamda elde etmişlerdir. Artan ısıt işlem sıcaklık ve süresi ile yüzeye yapışma direncinin azaldığını bildirmişlerdir.

Kesik vd. (2015), yağlı ısıt işlem görmüş (bezir yağı ile) sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununa, su bazlı vernik ve boya uygulamışlar ve yüzeye yapışma ve sertlik performansları belirlemişlerdir. Çalışmada, bezir yağı ile ısıt işlemli odunun boya/verniğin yüzeye yapışma özelliğine olumsuz bir etkisinin olmadığı, vernik katmanı sertliklerinin, boya katmanı sertliklerinden yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Kesik vd. (2017), yaptıkları çalışmada, doğal ve oil heat-treatment yöntemi ile ısıt işleme tabi tutulmuş sarıçam odunlarına su bazlı vernik uygulamış ve doğal yaşlandırmaya maruz bırakmışlardır. Isıt işlemli ve verniklenmiş örneklerin renk ve yüzeye yapışma performanslarının doğal örneklerle göre daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Korkut ve Budakçı (2010), üvez ağacına (*Sorbus aucuparia* L.) 120 °C, 150 °C ve 180 °C’de 2, 6 ve 10 saat süre ile ısıt işlem uygulamıştır. Artan ısıt işlem sıcaklık ve süresi ile yüzey pürüzlülüğünün arttığını bildirmişlerdir.

Demirci vd. (2013), yaptıkları çalışmada farklı ağaç türlerine, su bazlı ve poliüretan vernik uygulaması yapmış ve farklı süre ve sıcaklıklarda termal yaşlandırmaya maruz bırakmışlardır. Termal yaşlandırmanın verniklerin yüzeye yapışma ve parlaklık değerlerini azalttığını bildirmişlerdir.

Sönmez vd. (2004), su bazlı verniklerde farklı ağaç malzemeler üzerine farklı uygulama tekniklerinin etkisini araştırmışlardır. Su bazlı vernik katmanlarında yapışma direnci ve sertlik değerleri üzerine boya/vernik uygulama yöntemlerinin etkili olmadığını, püskürtme yönteminin parlaklık değerleri üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Altun ve Esmer (2017), ısıt işlem görmüş dişbudak, sarıçam ve iroko odunlarına yarı şeffaf renk pigmentli vernik, solvent bazlı sentetik esaslı, üretan alkid kombinasyon esaslı tek bileşenli poliüretan, alkid bağlayıcı esaslı silikonlu vernik ve akrilik esaslı su bazlı vernik uygulamış yüzey pürüzlülüğü ve yüzeye yapışma dirençlerini

belirlemişlerdir. Çalışmada, ısıt işlemin dışbudak ve iroko ağaç malzemelerinin rendelenmiş yüzeylerinde pürüzlülüğü azalttığını, sarıçamda artırdığını bildirmişlerdir. Yapışma direncinde ise poliüretan vernikte en yüksek değeri, su bazlı verniklerde düşük değeri tespit etmişlerdir. Silikonlu ve solvent bazlı verniklerin yapışma direnci arasında fark olmadığını bildirmişlerdir.

Söğütlü ve Sönmez (2006), yaptıkları çalışmada farklı ağaç malzemeleri farklı koruyucular ile kaplamış ve UV ışınlarının rengi değıştirici etkilerini incemiştir. UV ışınlarının ağaç malzemelerin rengini değıştirdiğini ve yüzey pürüzlülüğünü arttırdığını bildirmiştir.

Atar vd. (2019), ısıt işlem görmüş kayın, meşe, kara kavak, sarıçam ve uludağ göknar odunlarına sentetik, parke ve su bazlı vernikler uygulamışlardır ve toplam renk değışimi incelemişlerdir. Ağaç türü-ısıt işlem-vernik çeşidi etkileşiminde toplam renk değışimini en yüksek sentetik vernik uygulanmış 175/2 °C/saat ısıt işlemli kavakta (60,96), en düşük su bazlı vernik uygulanmış 165/2 °C/saat ısıt işlemli sarıçamda (10,95) elde etmişlerdir.

Öncel vd. (2019), UV dayanımlı poliüretan akrilik ve su bazlı akrilik vernik uyguladıkları kırım ardıcı (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) odununun sertlik ve yüzeye yapışma dirençlerini belirlemişlerdir. Yüzeye yapışma direncinde poliüretan akrilik verniğin su bazlı verniğe göre daha yüksek, sertlikte ise su bazlı verniğin, poliüretan akrilik verniğe göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Özalp ve Korkut (2011), sarıçam ve kestane odunlarına %10, %20 ve % 30 oranlarında boraks pentahidrat ilave edilmiş su bazlı vernik uygulamışlardır. Su bazlı verniğe boraks pentahidrat ilavesinin yüzey yapışma direncini ve sertliği her iki ağaç türünde de artırdığını ve parlaklığı azalttığını belirtmişlerdir.

Ulay ve Çakıcıer (2017), dışbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ve iroko (*Chlorophora excelsa*) odunlarına, su bazlı tek komponentli vernik uygulamış ve 144 saat UV hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakmışlardır. Her iki ağaç türünde UV ile hızlı yaşlandırma işleminin renk değerlerinde azaltıcı etki yaptığını belirtmişlerdir.

Pelit ve Korkmaz (2019), kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) odununa ağırlıkça %0.25, %0.50 ve %1 oranlarında nano-grafen (NG) ile modifiye edilmiş su bazlı vernik uygulamış ve yüzey parlaklık, pürüzlülük, sertlik ve renk değişimi ile vernik yapışma direnci özelliklerini belirlemiştir. Vernik içerisine eklenen NG miktarındaki artışa bağlı olarak örneklerin yüzey parlaklık değerlerinin azaldığını, pürüzlülüğün bir miktar arttığını, vernik yapışma direncinde %25'e kadar önemli artışlar sağlandığını, sertlik değerinin arttığını (artışta NG'nin etkisi önemsiz), rengin koyulaştığını ve örneklerin yeşil-mavi renk eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir.

Pelit (2017), çalışmasında, kayın ve sarıçam odunlarına 190, 200 ve 210 °C'de 2 saat ısıtma işlemi uygulamış ve yüzeylerine sentetik, selülozik, poliüretan ve su bazlı vernik uygulaması yaparak renk değişimlerini incelemiştir. Toplam renk değişiminin genel olarak 210 °C'de ısıtma işlemli örneklerde daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Renk değişiminde sentetik verniğin en fazla etkiye sahip olduğunu, su bazlı verniğin ise en az etkiye sahip olduğunu bildirmiştir.

Budakçı vd. (2011), yaptıkları çalışmada farklı sıcaklık ve sürede ısıtma işlemi uyguladıkları ağaç malzemelerde farklı diş sayısına sahip kesicilerin yüzey pürüzlülüğüne etkisini belirlemiştir. Çalışma sonucunda en iyi sonuçları ısıtma işlemli veya ısıtma işlemli olmayan örneklerde 28 adet diş ve çiftpahlı testerele elde etmişlerdir. Aynı zamanda ısıtma işleminin ağaç malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü arttırdığını ve rengi değiştirdiğini bildirmiştir.

Budakçı vd. (2013), yaptıkları çalışmada farklı sıcaklık ve sürede ısıtma işlemi uyguladıkları ağaç malzemelerde freze makinisinde farklı bıçak tiplerinin (yıldız ve jilet) yüzey pürüzlülüğüne etkisini belirlemiştir. Çalışma sonucunda ısıtma işleminin yüzey pürüzlülüğünü azalttığı, farklı bıçak tiplerinin pürüzlülüğüne etki etmediğini belirtmişlerdir.

Çakıcı vd. (2011), 150 ve 180 °C'de 3 ve 6 saat ısıtma işlemi uyguladıkları, limba (*Terminalia superba*), iroko (*Chlorophora excelsa*), dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ve kestane (*Castanea sativa* Mill.) odunlarına selülozik, sentetik, poliüretan ve su bazlı vernik uygulayarak bazı özellikleri incelemiştir. Tüm ağaç türlerinde ve ısıtma işlem

evrelerinde yüzeylerine selülozik ve sentetik vernik uygulanmış örneklerde yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirtmişlerdir. Aynı zamanda ısıtılmanın, sıcaklık ve süresine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünü ve parlaklığı azalttığını bildirmişlerdir.

Budakçı ve Sönmez (2010), farklı verniklerin farklı ağaç malzemelerde yüzeye yapışma direncini belirledikleri çalışmada; yapraklı ağaç malzemelerde iğne yapraklı ağaç malzemelere göre daha yüksek yapışma direnci elde etmişlerdir.

Şimşek vd. (2013), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununa farklı kimyasallar ile emprenye yaptıktan sonra yüzeylerine alkid esaslı sentetik ve solvent bazlı çift komponentli poliüretan vernik uygulamış, ardından UV yaşlandırmaya maruz bırakmış ve sertlik, parlaklık ve renk değişimlerini incelemişlerdir. Yaşlandırma sonrası emprenye edilmiş ve verniklenmiş örneklerin sertliğinin ve pürüzlülüğünün arttığını, parlaklığının azaldığını ve renginin koyulaştığını belirtmişlerdir.

Şahin Kol ve Sefil (2011), göknar ve doğu kayını odunlarına 170, 180, 190, 200 ve 212 °C’de 2 saat ısıtılma işlemi uygulamış ve hot-wire metodu ile ısı iletkenliklerini belirlemişlerdir. Isıtılma işlemi görmüş örneklerin ısı iletkenliğinin kontrol örneklerine göre azaldığını ve bu durumun artan sıcaklıkla doğru orantılı olduğunu tespit etmişlerdir. Her iki ağaç türünde de en fazla azalmanın 212 °C’de meydana geldiğini, örneklerin kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında 170 ve 212 °C’de göknar ve kayın odunu için sırasıyla %2 ve %9, %2 ve %16 oranlarında ısı iletkenliğinin azaldığını bildirmişlerdir.

Şahin Kol vd. (2016), göknar ve doğu kayını odunlarına 170, 180, 190, 200 ve 212 °C’de 2 saat ısıtılma işlemi uygulamış, örnek yüzeylerine farklı vernikler (poliüretan, hiscon decor ve polyester) uygulamış ve hot-wire metodu ile ısı iletkenliklerini belirlemişlerdir. Her iki ağaç türünde de en yüksek ısı iletkenlik katsayısını ısıtılma işlemi görmemiş kontrol örneklerinde elde etmişlerdir. Vernikli örneklerde en yüksek ısı iletkenlik katsayısını polyester vernik uygulanmış örneklerde, en düşük hiscon decor verniği uygulanmış örneklerde elde etmişlerdir.

Miklečić vd. (2017), kayın (*Fagus sylvatica* L.) odununa 190 °C ve 212 °C’de 3 saat süre ile ısıtılma işlemi ve yüzeylerine kırmızı ve sarı renk pigmentli ve pigmentless TiO₂ ve ZnO nanoparçacıklar ile geliştirilmiş poliakrilat esaslı su bazlı vernik uygulamıştır.

Örnekleri korumalı ve korumasız 1 yıl doğal ve 168 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakmış ve renk, parlaklık ve renk değişimlerini incelemiştir. TiO_2 katkılı örneklerin ZnO katkılı örneklerle göre daha iyi renk stabilitesi sağladığını, yüzeye yapışma direncinin daha iyi olduğunu ve tüm örneklerde parlaklığın azaldığını tespit etmişlerdir.

Cristea vd. (2011), ladin odununa (*Picea mariana* Mill.) farklı oran ve şekillerde TiO_2 ve ZnO katkılı akrilik esaslı su bazlı verniği uygulamış ve 1000 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakarak çeşitli özellikleri incelemiştir. Çalışma sonucuna göre; hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmış nanoparçacık katkılı vernik uygulanmış örneklerin yüzeye yapışma değerleri yaşlandırılmamış örneklerden yüksek çıkmıştır. Nanoparçacıklar verniğin aşınma direncini arttırmıştır. ZnO nanoparçacıklar verniğin T_g (geçiş sıcaklığı)'sini düşürmüştür.

Salla vd. (2012), poliüretan esaslı (maleik anhidrit ile modifiye edilmiş polipropilen (MAPP)) verniğe %7,5 oranında ZnO nanoparçacık karıştırmış ve kauçuk ağacı yüzeylerine uygulamıştır. Akabinde 250 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakmış ve renk değişimlerini incelemiştir. Korumasız, kontrol ve ZnO katkılı verniklerin karşılaştırması sonucunda UV yaşlandırma sonrası en az renk değişiminin ZnO katkılı vernikte meydana geldiğini tespit etmiştir.

Moya vd. (2017), su bazlı ve içeriğinde %3–10 acrylic dispersant, %1–5 Natrosol, %1–8 Texanol, %1–5 propylene glycol, %0.1–3 Triton X-100, %1–5 triethanolamine, %1–5 sodium polyacrylate, Mergal K-10, and Mergal-89 oranlarında kimyasalları içeren verniğe %1 ve %1,5 oranlarında TiO_2 karıştırarak, UV yaşlandırmaya maruz bırakmıştır. Yüzeye yapışma ve renk değişiminde %1,5 oranda hazırlanmış TiO_2 katkılı verniğin en iyi performansı gösterdiğini belirtmiştir.

Bak (2018), nanoteknolojinin odunun rengini korumada kullanım olanakları adlı derleme çalışmasında son yıllarda ağaç malzemeyi UV ışınlarına karşı korumada TiO_2 , ZnO , CeO_2 ve Fe_3O_2 nanoparçacıkların kullanıldığını belirtmiştir. Ağaç malzemeyi korumada nanoparçacık kullanmanın avantajının odunun renginde değişiklik yapmaması veya çok az miktarda değiştirmesi olarak belirtmiştir.

Fufa vd. (2013), Norveç ladin (*Picea abies*) odunu yüzeyine akrilik esaslı su bazlı, %1 ve %5 oranlarında TiO₂ ve silisyum katkılı vernikleri uygulamış, 62 gün UV yaşlandırmaya maruz bırakmış ve renk değişimlerini incelemişlerdir. Sonuç olarak nanoparçacık katkılı verniklerin, katkısız verniklere göre renk değişimini azalttığını bildirmişlerdir.

Tomak vd. (2018), yaptıkları çalışmada sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunu üzerine farklı oranlarda tanenler, ZnO ve CeO₂ ile geliştirdikleri su bazlı akrilik vernik uygulaması yapmışlardır. Akabinde 1512 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakmış ve renk, parlaklık, yüzey pürüzlülüğü ve makroskobik değişimleri incelemişlerdir. Nanoparçacık ve tanen katkılı verniklerin kontrol verniğine göre daha iyi renk stabilitesi sağladığını, tanen ve nanoparçacıkların yüzey pürüzlülüğünü azalttığını, parlaklık üzerinde sinerjistik bir etki yaptığını tespit etmişlerdir. Yaşlandırma sonrası tüm örneklerde renk değerlerinin, parlaklık ve yüzey pürüzlülüğünün azaldığını belirtmişlerdir.

Saha vd. (2013), 210 °C’de ısıtılmış banks çamı odununa farklı tanen, stabilizer ve CeO₂ nanoparçacık katkılı çift kompenantlı akrilik-poliüretan esaslı su bazlı vernik uygulamış ve 72, 168, 336, 672, 1008 ve 1500 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakmıştır. Renk değişiminin incelendiği çalışmada; tanen+nanoparçacık katkılı verniklerin daha iyi renk stabilitesi sağladığı belirtilmiştir. Aynı zamanda hem tanenli hem de nanoparçacık katkılı verniklerin organik UV emicilere göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Ünal (2016), yüksek lisans tezinde, sarıçam ve doğu kayını odunları yüzeylerine %1 ve %3 oranlarında SiO₂ ve TiO₂ katkılı su bazlı ve cam cila vernikleri uygulamıştır. Sonuçlarına göre; verniklerin yapışma direncinde en yüksek değeri doğu kayınında %3 SiO₂ katkılı cam cila vernikli örneklerde (3,51 MPa), yüzey pürüzlülüğünde cam cila vernikli örneklerde en yüksek değerleri elde etmişlerdir.

Güler (2010), yüksek lisans tezinde dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), limba (*Terminalia superba*) ve iroko (*Chlorophora excelsa*)’dan oluşan dört odun türüne 150 ve 180 °C’de 3 ve 6 saat ısıtılmış işlem

uyguladıktan sonra örnek yüzeylerine sentetik vernik, selülozik vernik, poliüretan vernik ve su bazlı vernik tatbik etmiştir. Çalışma sonucunda; sentetik ve selülozik verniklerde yüzey pürüzlülüğünün ısıtma işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak tüm ağaç türlerinde arttığını; poliüretan ve su bazlı verniklerde ise azaldığını tespit etmiştir. İroko ve dişbudak türlerinin renk farklılığının ısıtma işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak arttığını, kestanede selülozik vernik ve poliüretan vernikte ısıtma işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak azaldığı, sentetik vernik ve su bazlı verniklerde arttığını; limba'da ise su-bazlı ve selülozik vernik 180 °C'de 6 saat ısıtma işlem uygulamasında azaldığını diğer ısıtma işlem uygulamalarında ise ısıtma işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak arttığını tespit etmiştir.

Özçiftçi vd. (2009), sarıçam odununa farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtma işlem uygulamış ve çeşitli özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre ısıtma işlem sarıçamın elastikiyet modülü ve eğilme direnci değerlerini düşürürken, basın direnci değerini arttırmıştır. Isıtma işlem sarıçamın renginde koyulaşmaya neden olmuştur. Isıtma işlemin sıcaklığı ve uygulama süresinin arttıkça, tüm bu özelliklerdeki değişim miktarının arttığını belirtmişlerdir.

Kesik (2009), doktora tezinde değişik kimyasallar ile ön işlem görmüş sarıçam, kestane ve iroka odunlarına farklı vernik uygulamaları yapmıştır. Çalışma sonuçlarına göre UV yaşlandırmanın vernik katman sertliklerinde ve yüzeye yapışma direncinde artışa neden olduğunu tespit etmiştir.

Ayata (2014), doktora tezinde farklı ağaç türlerine, farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtma işlem, tek ve çift komponentli su bazlı vernik uygulamaları ve farklı sürelerde UV yaşlandırma işlemi gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda; su bazlı tek ve çift bileşenli verniklerin ısıtma işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde, yaşlandırma sonrasında parlaklık, yüzeye yapışma direnci, yüzey pürüzlülüğü değerlerinde azalma, sertlik, çizilme ve renk değerlerinde ise artış tespit etmiştir.

Gürleyen vd. (2017), yapatıkları çalışmada ısıtma işlemli ve ısıtma işlemsiz sarıçamdan ürettikleri laminat parke yüzeylerine UV kürlenmeli su bazlı vernikler uygulamış, ısıtma işlemli örneklerde düşük sıcaklıklarda sertliğin ilk önce arttığını artan sıcaklık ve

sürede sertliğin azaldığını bildirmiştir. Yapışma direncinde ise artan sıcaklık ve süre azaldığını, yüzey pürüzlülüğünde önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Anderson ve ark. (1991) iğne yapraklı odun yüzeylerine uygulanan koruyucuların 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 bildirmiştir.

Ulay (2018), doktora tezinde farklı ağaç türlerine, farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtma işlemi, farklı vernik uygulamaları ve farklı sürelerde UV yaşlandırma işlemi gerçekleştirmiştir. Sonuçlarına göre; 190 °C’de 1,5 saat ısıtma işlemi gören malzemelerde; b^* , L^* , ΔE^* , parlaklık ile Ra^* pürüzlülük değerlerinin azaldığını, a^* , yüzey sertliği, yüzeye yapışma direnci değerlerinin ise arttığını belirtmiştir. 212 °C’de 2 saat ısıtma işlemi gören malzemelerde ise a^* , b^* , L^* , ΔE^* , parlaklık değerlerinin azaldığını; yüzey sertliğinin ise arttığını tespit etmiştir. 576 saat yaşlandırma sonunda a^* , L^* ve ΔE^* değerlerinin arttığını; sertlik, pürüzlülük, adezyon ve b^* değerlerinin azaldığını bildirmiştir.

Gürleyen (2018), doktora tezinde farklı ağaç türlerine, farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtma işlemi, farklı vernik uygulamaları ve farklı sürelerde UV yaşlandırma işlemi gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak; farklı vernik çeşidi uygulanmış olan örneklerde ısıtma işlemi düzeyinde ısıtma işlem sıcaklığının artmasıyla; kırmızı renk (a^*), sarı renk (b^*), renk parlaklık (L^*), toplam renk değişimi (ΔE^*), liflere paralel (//) parlaklık, liflere dik ($\perp$) parlaklık, yüzeye yapışma direnci ve ıslanabilirlik testi (temas açısı) değerlerinde azalma tespit etmiştir. 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 değişimi (ΔE^*) ve temas açısı değerlerinde artış belirlemiştir.

Weichelt vd. (2010), yaptıkları çalışmada ladin ağacına ZnO (katı) katkılı farklı vernikler uygulayarak bazı özelliklerini belirlemişlerdir. ZnO katkısının UV etkisine karşı iyi bir stabilizer olduğunu belirtmişlerdir.

Vardanyan vd. (2015), UV kürlenmeli poliüretan verniği farklı oranlarda TiO₂ ve selüloz nanokristalleri ile modifiye etmiş, akabinde 1200 saat UV yaşlandırma etkisine maruz bırakmış ve renk ile yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Selüloz kristalleri ile modifiye edilen verniklerin UV etkisine karşı düşük oranda renk stabilitesi sağlandığını ve pürüzlülüğün arttığını belirtmişlerdir.

Podgorski vd. (2011), yaptıkları çalışmada ısıtılmış işlem uygulanmış çam ve ladin ağaç malzemelerine su bazlı vernik uygulaması yapmış ve 18 ay doğal yaşlandırmaya maruz bırakmışlardır. Akabinde çekme ve çapraz kesim yöntemleri ile verniklerin yüzeye yapışma direncini belirlemişlerdir. Yaşlandırma işleminin su bazlı verniklerin yüzeye yapışma direncini azalttığını bildirmişlerdir.

Jalili vd. (2007), yaptıkları çalışmada çift bileşenli poliüretan verniği iki farklı nanosilika ile modifiye etmiş, fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Hidrofilik ve hidrofobik nanosilika katkısı kullanılan çalışmada nanoparçacıkların çizilme direnci başta olmak üzere verniğin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirdiğini belirtmişlerdir.

Yang vd. (2001), verniklerde UV yaşlandırma etkisinin, hızla parlaklığın azalması ile başlayan, yaşlandırma devam ederken artan yüzey gerilimi nedeni ile kabarcıklenme ve kılcal çatlaklıkların oluşması ile yüzeyde pürüzlülük artışı olarak sonuçlandığını belirtmişlerdir.

Zhao vd. (2012), çalışmalarında su bazlı verniklerin çizilme ve aşınma dirençlerinin reçinelerine bağlı olduğunu, çeşitli ajanların eklenmesi ile bu özelliklerin geliştirilebileceğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Ağaç Malzeme

Bu araştırmada, iç ve dış mekânlarda yaygın kullanımı ve ısıtılmalı odunlarının kullanım amacına göre dayanımlarının yüksek olduğu belirtilmesinden dolayı (URL-6, 2019) Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) odunları deney materyali olarak tercih edilmiştir.

Bu ağaç malzemeler Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'den dişbudak odunu (Doğu Amerika) 2,5-3 cm kalınlıkta, 13-15 cm genişlikte ve 120-200 cm boyunda, sarıçam odunu (Finlandiya) ise 5-6 cm kalınlıkta, 14-15 cm genişlikte ve 300-320 cm boyunda kereste olarak temin edilmiştir (Fotoğraf 3.1). Çalışmada kullanılan 1. sınıf keresteler; öz ve diri odun kısmından karışık, düzgün lifli, budaksız, çatlaksız, renk ve yoğunluk farkı olmayan, yıllık halkaları yüzeylere dik gelecek şekilde örnekleme yöntemi ile tesadüfî seçilmiştir (ASTM D7787 / D7787M, 2013).



Fotoğraf 3.1 Kerestelerin temininden bir görünüm

3.1.2 Vernikler

Tez çalışmasında KİMETSAN Kimya Maden ve Metalurji Endüstrileri İç ve Dış Ticaret Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti. tarafından üretilen ticari kodu D70 ve D99 olan çift kompenatlı şeffaf su bazlı vernikleri kullanılmıştır (Tablo 3.1). Reçineler ve nanoparçacıklar firmanın Ankara-Sincan'da bulunan fabrikasından temin edilmiştir. Fabrika laboratuvarlarında firma önerilerine uyularak Tablo 3.1'de verilen kimyasallar ile D70 ve D99 adlı vernikler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu vernikler daha sonra %1, %3 ve %5 oranlarında ZnO (çinko oksit) (katı) ve seramik kürecik (katı) nanoparçacıkları ile ağırlıkça modifiye edilmiştir. Modifikasyon işleminde verniklerin homojen bir karışım sağlaması için 45 dk süre ile mikserde karışması sağlanmıştır. Nanoparçacık katkısı ile D70 ve D99 verniklerinden kontrol (katkisız) grupları dahil yedişer adet olmak üzere toplamda 14 farklı vernik çeşidi elde edilmiştir.

D70 ve D99 kodlu çift kompenatlı su bazlı verniklere ait üretim bilgileri Tablo 3.1'de, teknik özellikleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan verniklerin içerikleri

Dolgu Vernikleri	
D70	D99
• akrilik stiren reçine < % 70 • propilen < %5 • Su > %25	• akrilik poliüretan reçine < %50 • propilen < %5 • Su > %45
Son Kat Vernikleri	
D70	D99
• Etilen diglikol < 4 %, • Nanoakrilik kopolimer reçine < 75 % • propilen < %5 • Su > 16	• Etilen diglikol < 4 %, • Nanoakrilik kopolimer reçine < 30%, • Akrilik Modifiye Poliüretan reçine < 55% • propilen < %5 • Su > %6

Tablo 3.2 Çalışmada kullanılan verniklerin teknik özellikleri

Vernikler	Verniklerin Özellikleri						
	pH Derecesi	Yoğunluğu (g/cm ³)	Viskozitesi (sn./DIN Cup 4mm/20 °C)	Katı Madde Miktarı (%)	Uygulama Şartları		
					Miktarı (g/m ²)	Tabanca uç açıklığı (mm)	Basınç (Atm/Bar)
D70 Dolgu	7,7	1,30	24	32,23	87	1	2
D70 Kontrol	7,7	1,15	23	31,92	88	1	2
D70 %1 ZnO	9,2	1,22	23	32,25	87	1	2
D70 %3 ZnO	9,5	1,29	24	32,88	85	1	2
D70 %5 ZnO	9,8	1,25	24	35,73	78	1	2
D70 %1 Seramik	8	1,18	23	32,2	87	1	2
D70 %3 Seramik	8,2	1,1	24	31,95	88	1	2
D70 %5 Seramik	8,4	1,2	24	32,35	87	1	2
D99 Dolgu	7,9	1,35	24	30,88	91	1	2
D99 Kontrol	8	1,28	23	40,07	70	1	2
D99 %1 ZnO	9,4	1,25	23	38,28	73	1	2
D99 %3 ZnO	9,6	1,23	24	37,76	74	1	2
D99 %5 ZnO	9,9	1,15	24	36,75	76	1	2
D99 %1 Seramik	8,2	1,18	23	37,7	74	1	2
D99 %3 Seramik	8,5	1,2	24	37,37	75	1	2
D99 %5 Seramik	8,9	1,1	24	30,97	91	1	2

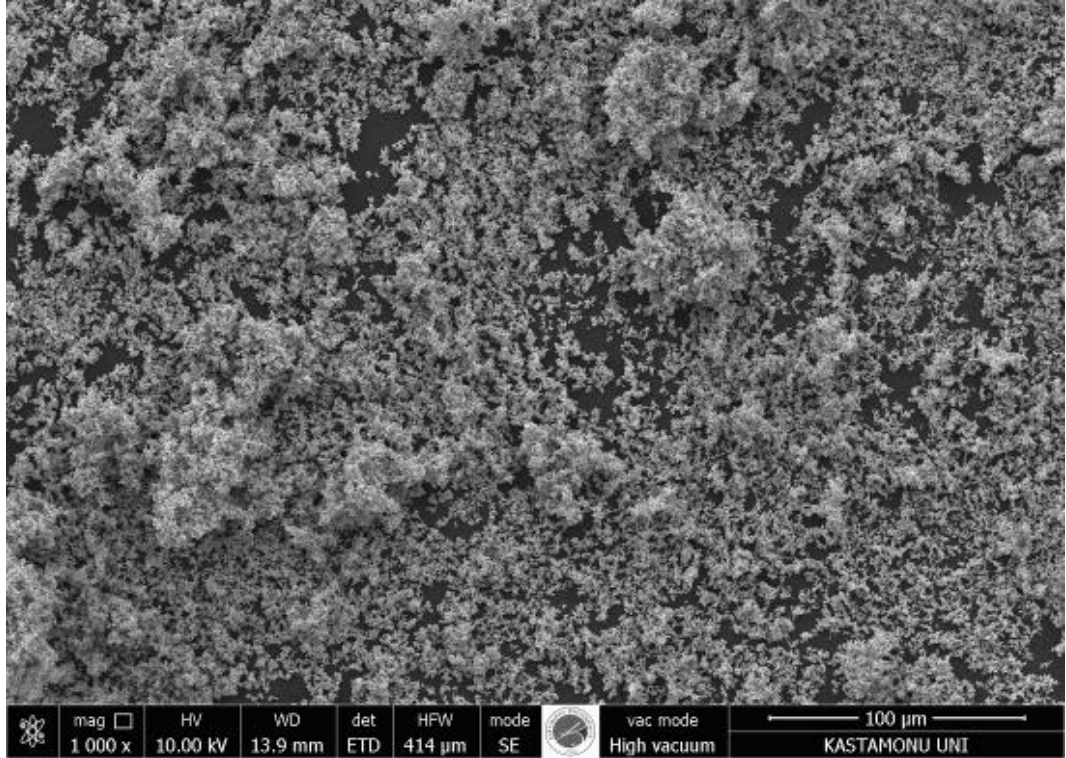
Nanoparçacık ile modifiye edilen verniklerin katı madde oranlarının kontrollerine göre artarak veya azalarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu artış ve azalmalara nanoparçacıklar ile vernik moleküllerinin boyut, yoğunluk ve kimyasal yapı farklılıkları ve katı madde tayin yöntemindeki sıcaklığın (60 °C) etki ettiği düşünülmektedir. Çalışmada kullanılan nanoparçacıkların 1000 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, verniklerin ise çok daha düşük sıcaklıklarda (en fazla 100 °C) kimyasal değişimlere uğradığı bilinmektedir. Çalışmada kullanılan verniklerde en yüksek katı madde miktarına sahip verniğin (D99 kontrol) 1 m²'ye 70 gr. uygulama esasına göre eşit kalınlıkta katman oluşturabilmek için diğer verniklerde uygulama artışı yapılmıştır. Firma direktiflerine göre uygulamadan önce ağırlıklarına göre %6 oranında geliştirici (improver) ile %6 oranında destile su karıştırılarak hazırlanmıştır. Ardından uygulama öncesi verniklerin içerisine yavaş yavaş karıştırılarak katılmıştır (örneğin; 87 gr. D70 dolgu verniğine 5,2 gr. performans arttırıcı ve 5,2 gr. destile su karışımı verniğe eklenmiştir) ve 15 dakika dinlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra örnek yüzeylerine uygulaması yapılmıştır.

3.1.2.1 Nanoparçacıkların Özellikleri

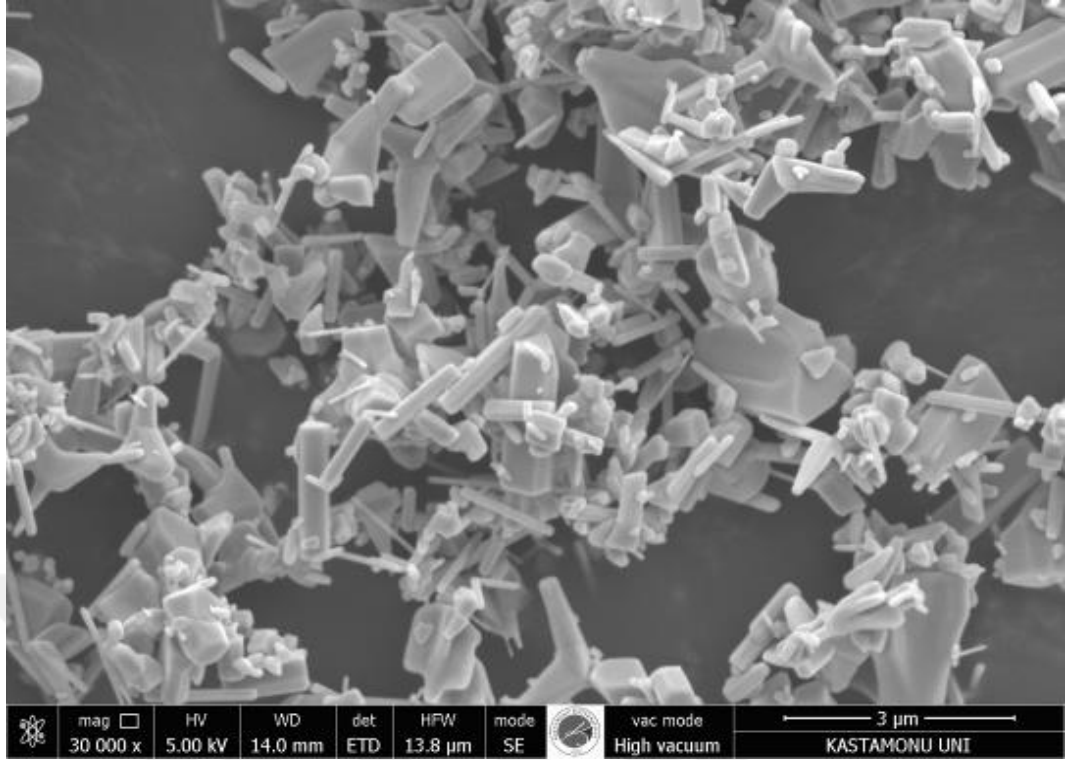
Çinko oksit (ZnO)

Çalışmada verniklerin modifikasyonu için tercih edilen ZnO'nin toksik olmaması, cilde uyumlu olması, UV azaltıcı etkisinin olması gibi özellikleri ile insan sağlığı ile ilgili alanlarda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Çinko beyazı olarak da bilinen çinko oksit'in mol ağırlığı 81.38 g/mol'dür. ZnO ergimez, süblimleşme sıcaklığı yaklaşık 1975 °C'dir. Kısmi buharlaşma 1300 °C'nin üzerinde meydana gelir. Saf çinko oksit oda sıcaklığında beyaz renkte olup ısıtıldığında sarı-grimsi renk alır. ZnO hem asit hem de baz ile tepkimeye girebildiğinden amfoter oksit özelliği gösterir (Yorgancıoğlu, 2017).

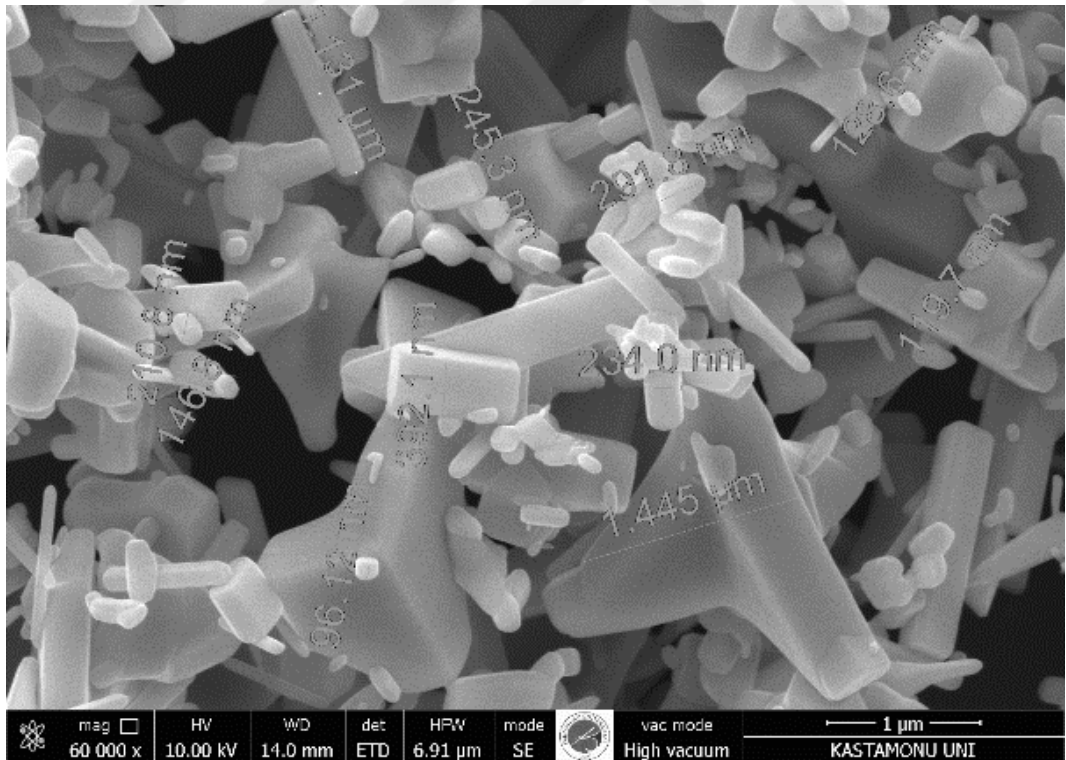
Çalışmada kullanılan nano ölçekli, toz (katı) ZnO'nin farklı oranlarda büyütülmüş SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleri Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te verilmiştir. Parçacık büyüklüğünün 96 nm ile 1,445 µm aralığında değiştiği gözlemlenmiştir.



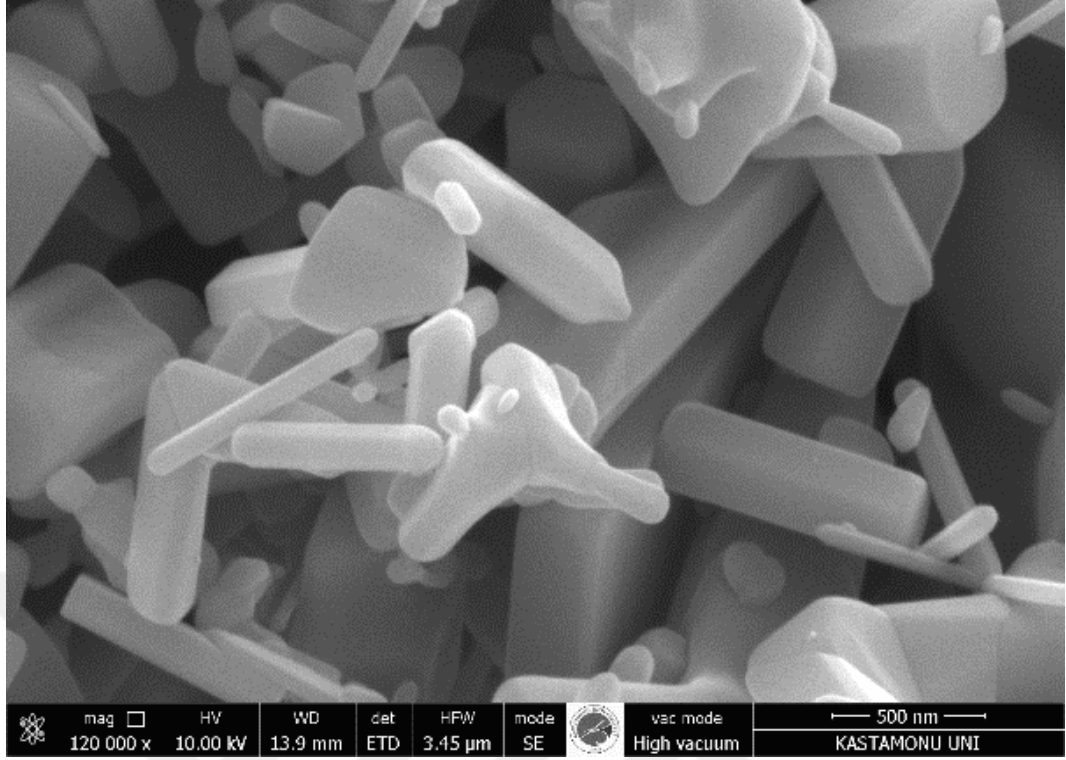
Şekil 3.1 Çinko oksitin 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 3.2 Çinko oksitin 30 000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 3.3 Çinko oksitin 60 000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

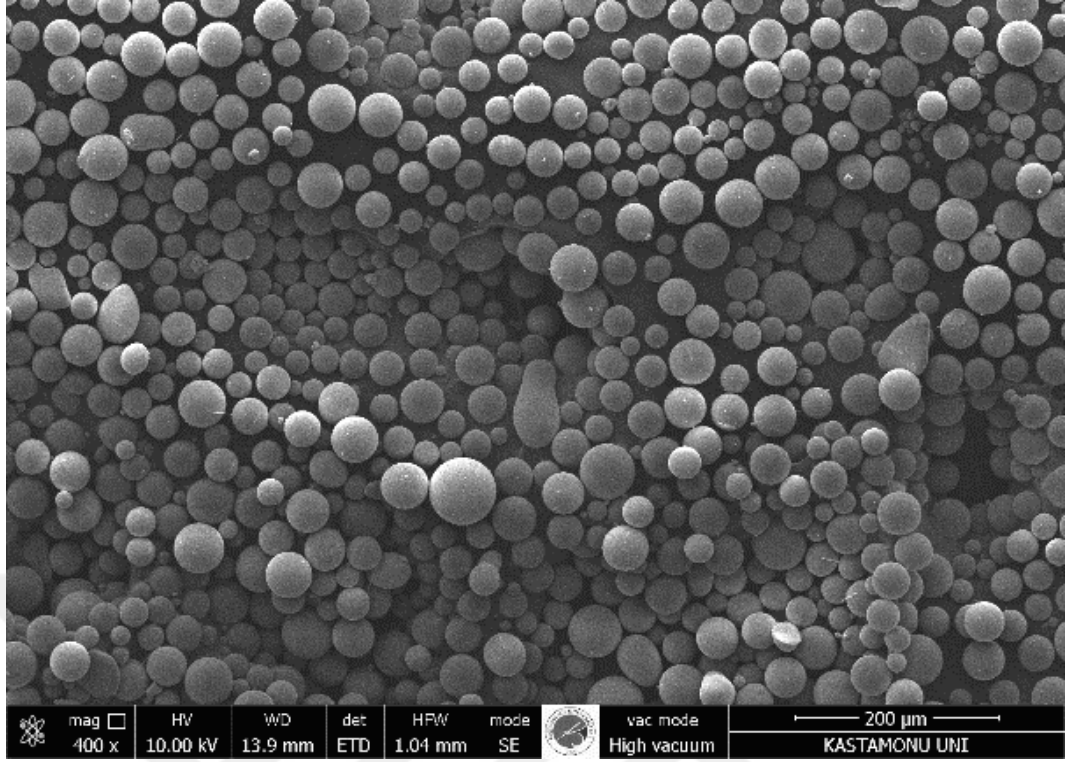


Şekil 3.4 Çinko oksitin 120 000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

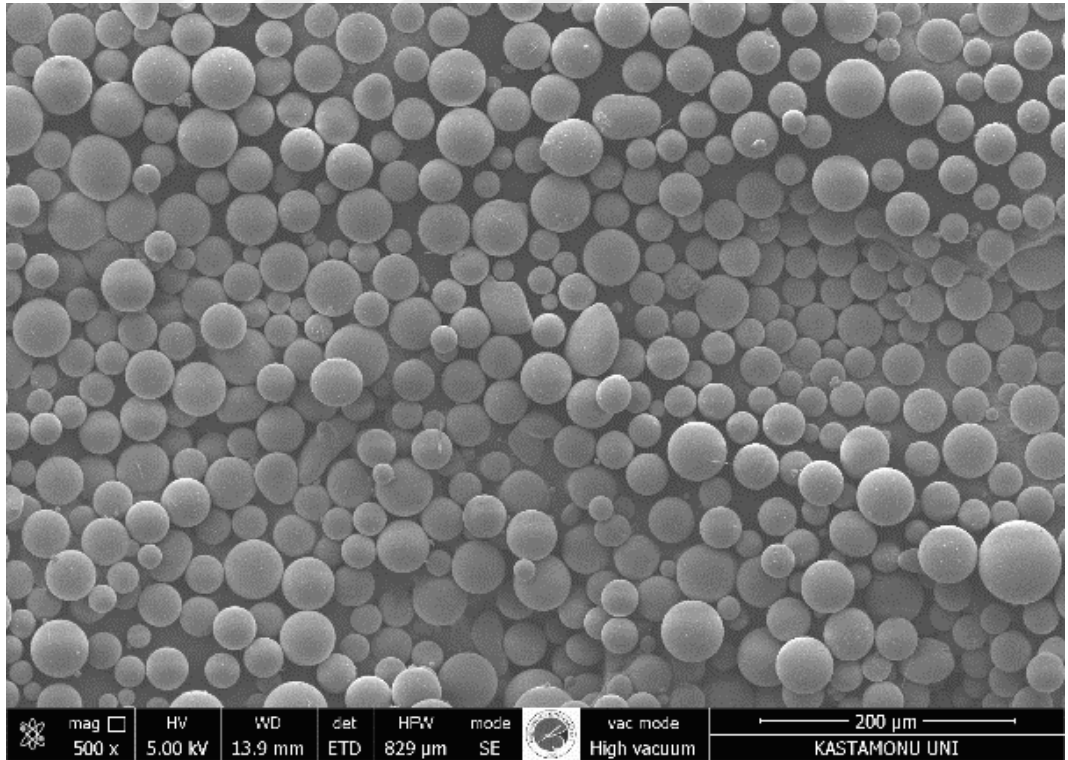
Seramik kürecik

Seramik kürecik UV azaltıcı etkisi, termal ve akustik özellikleri nedeni ile olan birçok alanda ürün geliştirmeleri için yaygın olarak kullanılmaktadır. Seramik mikrokürecik, üretim yöntemlerine göre farklılık göstermekte olup çeşitli tiplerde üretilmektedir. Boya yalıtım ürünlerinde kullanılanların çoğu, 20 - 120 µm çapında ve 50 - 200 nm hücresel et kalınlığına sahip, içi boş seramik küreciklerdir. Bu kürecikler yüksek basınç ve sıcaklıkta erimiş cam veya seramikten üretilirler. Üretim esnasında içerisine yüksek basınç ile hava vakumlanarak boşluk oluşturulur ve boya katkı maddesi olarak kullanılmak üzere hazır hale getirilir (Bozsaky, 2018).

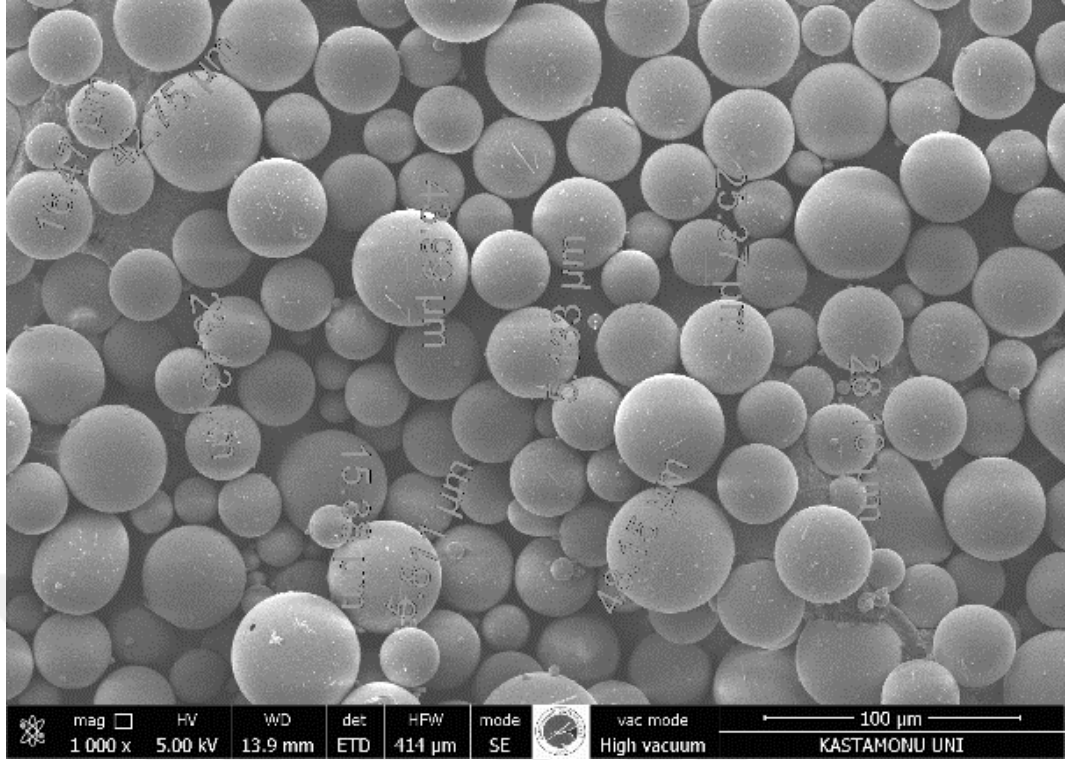
Çalışmada kullanılan nano ölçekli, toz (katı-beyaz renkte) içi boşluklu seramik küreciğin farklı oranlarda büyütülmüş SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleri Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de verilmiştir. Parçacık büyüklüğünün 5,133 µm ile 48,15 µm aralığında değiştiği gözlemlenmiştir.



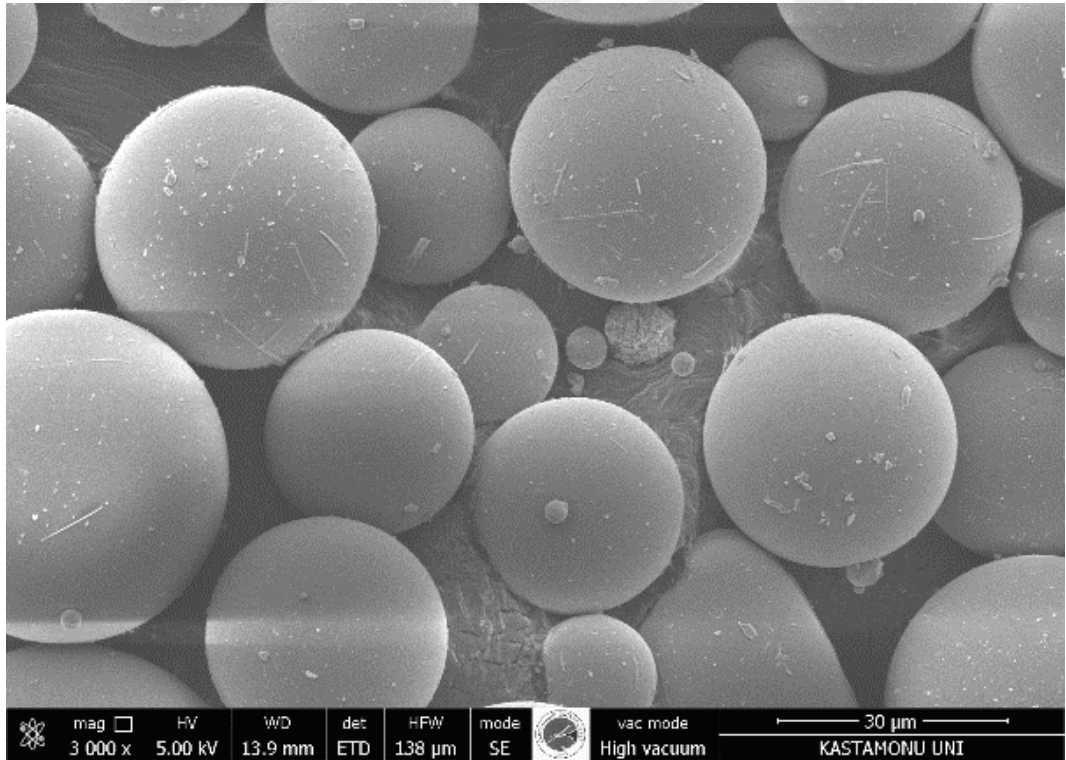
Şekil 3.5 Seramik küreciğin 400 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 3.6 Seramik küreciğin 500 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 3.7 Seramik küreciğin 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 3.8 Seramik küreciğin 3000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

3.2 Yöntem

3.2.1 Isıl İşlem Uygulaması

Örneklerin ısıt işlemleri günümüzde yaygın olarak kullanılan ThermoWood yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Isıt işlem Bolu Gerede’de faaliyet gösteren Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.’de yapılmıştır. Örnekler fabrikada bulunan bilgisayar kontrollü fırında, yöntemin esaslarına uygun olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada ısı ve buhar kullanılarak fırın sıcaklığı hızlıca 100 °C’ye çıkarılmıştır. Daha sonra fırın sıcaklığı 130 °C’ye yükseltilmiş ve kurutma gerçekleştirilmiştir (bu aşamada rutubet ~%0). İkinci aşama ısıt işlemin gerçekleştirildiği aşamadır. Burada sıcaklık hem çam hem de dişbudak için 190 °C’de 1,5 saat ve 212 °C’de 2 saat bekletilerek ısıt işlem gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 3.2). Üçüncü aşamada ağaç malzemeler kondisyonlanmıştır. Bu aşamada odun sıcaklığı 50 - 60 °C’ye düşürölüp, rutubet miktarı % 4-6’ya ulaşınca kadar devam ettirilmiştir. Isıt işlemden sonra örnekler sıcaklığı 20±2 °C ve bağıl nemi %65±5 olan Kastamonu Üniversitesi Orman Faköltesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir (TS 642 ISO 554, 1997).



Fotoğraf 3.2 Isıt işlem sonrası kerestelerden bir görünüm

3.2.2 Deney Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan örneklerin lif doğrultusu, uzunluk eksenine paralel olarak 330x90x15 mm ölçüsünde, maktalarda yıllık halkalar iki yüze paralel diğer iki yüze dik ve kesişen yüzler birbirine dik olacak şekilde taslak olarak kesilmiştir. Ardından örnekler sıcaklığı 20 ± 2 °C ve bağıl nemi $\%65\pm5$ olan Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü iklimlendirme odasında (TS 642 ISO 554, 1997) ağırlığı değişmez hale gelene kadar bekletilmiştir (TS 2471, 2005) (Fotoğraf 3.3).



Fotoğraf 3.3 Örneklerin iklimlendirilmesinden bir kesit

İklimlendirme sonrası, örnekler 320x75x10 mm olacak şekilde net ölçülerde kesilmiştir. Örneklerin yüzeylerini düzeltmek, temizlemek ve verniği hatasız kabul edecek hale getirmek için tüm örneklerle ilk ıslatma ile lif kabartma işlemi yapılmıştır. Önce 80 numara, daha sonra 100 numara zımpara kullanılarak perdahlanmıştır. Ardından ısıtma işlemi uygulanmamış örneklerle son ıslatma ile yeniden lif kabartma işlemi uygulanmış ve kabaran lifler 220 numara zımpara ile yeniden zımparalanmıştır. Çalışmada yapılan testler için hazırlanan örnekler yaşlandırma sonrası Tablo 3.3'te belirtilen ölçü ve sayılarda hazırlanmıştır.

Tablo 3.3 Test örnek sayıları

Testler	Ölçü (mm)			Örnek Sayısı (adet)
	Uzunluk	Genişlik	Kalınlık	
Sertlik	320	75	10	560
Yüzey Pürüzlülüğü	320	75	10	560
Çizilme Direnci	75	75	10	1344
Yüzeye Yapışma Direnci	75	75	10	840
Isı İletkenliği Katsayısı	100	50	10	840
Toplam Renk Değişimi	320	75	10	560

3.2.3 Su Bazlı (çift bileşenli) Verniklerin Uygulanması

Örnekler Kastamonu Üniversitesi Ahşap Kültürünü Araştırma ve Uygulama Merkezi Üstyüzey laboratuvarında verniklenmiştir. Örneklerin yüzeyleri yumuşak kıllı fırça ve basınçlı hava yardımı ile temizlendikten sonra verniklenmeye hazır hale getirilmiştir. Örneklerin verniklenmesi üretici firma önerileri ve ASTM D3023-98 (2017) esasları doğrultusunda FUJI SPRAY Q4 GOLD marka makine ile yapılmıştır (Fotoğraf 3.4). Örnekler, dolgu vernikleri (1 çapraz kat) ile verniklendikten sonra 600 kum zımpara ile hafifçe zımparalanmıştır. Daha sonra son kat (3 çapraz kat) vernikler uygulanmıştır. Son katlar arasında firma direktifleri doğrultusunda 24 saat beklenmiştir. Verniklenen örnekler, tozdan arındırılmış ve oda sıcaklığındaki ortamda yer düzlemine paralel konumda kurutulmuştur.



Fotoğraf 3.4 Fuji Spray Q4 Gold boya/vernik makinesi

3.2.4 Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Hazırlığı ve Uygulanması

Isıl işlem gördükten sonra modifiye edilmiş su bazlı vernikler ile verniklenmiş 320x75x10 mm ölçülerindeki örneklerin cumba ve maktaları hızlandırılmış

yaşlandırmada herhangi bir olumsuz etkiye karşı aynı tür vernik ile verniklenmiştir. Örnekler verniklendikten sonra iklimlendirme odasında 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem şartlarında TS 642 ISO 554 (1997) esaslarına göre değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurumaya bırakılmıştır.

Vernikli örnekler ASTM G154-16 (2016) standardı esaslarına göre sırası ile UV işlemi (60 °C'de bir saat ve $0.71 \text{ w} / \text{m}^2$ ışık yoğunluğu), su spreyi (20 °C'de on dakika) ve kondisyonlama (50 °C'de dört saat) koşullarında ve UV-A 340 kodlu florasen lambalara sahip QUV accelerated weathering tester cihazında (Fotoğraf 3.5) 240 saat yaşlanmaya maruz bırakılmıştır. Literatürde; yüzeydeki bozunma etkilerinin özellikle 150 saatten sonra başladığı, hızlandırılmış yaşlandırma etkisinin doğal yaşlandırma etkisine yakın sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Korumasız ağaç malzemelerde 2400 saatlik hızlandırılmış yaşlandırmanın 4 ya da 5 yıllık doğal yaşlandırmaya eşit olduğu bildirilmiştir (Anderson vd. 1991). Bu veriler doğrultusunda hızlandırılmış yaşlandırma etkisinin 5 veya 6. günden sonra başladığı ve 240 saatlik sürenin 4,8 ila 6 aya denk geldiği söylenebilir. Çalışmada UV yaşlandırma etkisini görebilmek için 240 saat yeterli süre olarak öngörülmüştür.



Fotoğraf 3.5 Hızlandırılmış yaşlandırma test cihazı

Yaşlandırma işleminden sonra örnekler 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem şartlarında iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir (TS 642 ISO 554, 1997; TS 2471, 2005) ve akabinde performans testleri gerçekleştirilmiştir.

4. DENEME METODLARI

4.1 Katı Madde Oranı Tayini

Katı madde oranının belirlenmesinin amacı; eşit kalınlıkta katman hazırlayabilmek için vernik ve boyaların katman yapma özelliğini tespit etmektir. Katı madde tayininde ASTM D1644-01 (2017) esaslarına uyulmuştur. Vernikler, darası önceden alınmış Ø 75 ±5 mm'lik konkav saat camına 2 ±0,2 gr. olacak şekilde damlalık yardımı ile konulmuş, daha sonra etüvde 60 °C'de ağırlıkça sabit hale gelene kadar bekletilmiştir (Fotoğraf 4.1).

Katı madde miktarları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$K_m = [(V_u - \text{Ç}_b) / V_u] \times 100 \quad (4.1)$$

Burada:

V_u = Uygulanan vernik (gr),

Ç_b = Buharlaştan çözücü (gr),

K_m = Katı madde (%)

$$V_u = G - D, \text{Ç}_b = G - E \quad (4.2)$$

Burada:

G = Yaş ağırlık (gr),

D = Dara (gr),

E = Kuru ağırlık (gr)



Fotoğraf 4.1 Katı madde tayininden bir görüntü

4.2 Kuru Film Kalınlıklarının Belirlenmesi

Bu çalışma kapsamında kullanılan verniklerin kuru film katman kalınlıkları 0-25 mm aralığında 0,001 mm hassasiyetle ölçüm yapabilen Mitutoyo marka dijital mikrometre ile TS EN ISO 2808 (2007) esaslarına ve kalınlık farkı metoduna göre belirlenmiştir (Fotoğraf 4.2).

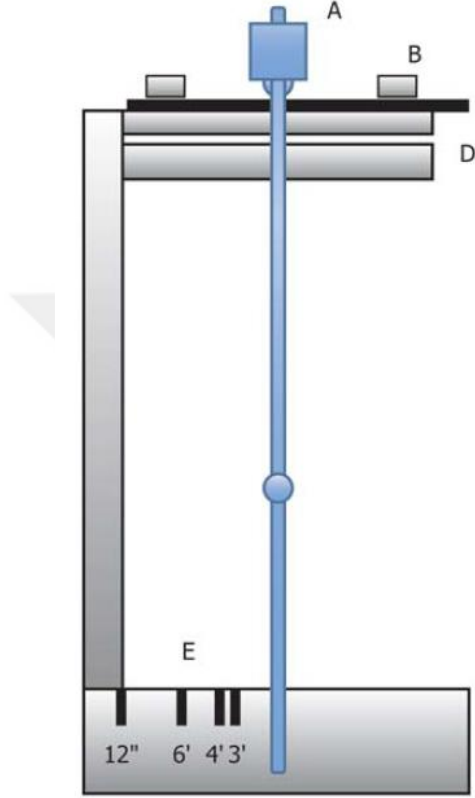


Fotoğraf 4.2 Mitutoyo Dijital Mikrometre

4.3 Sertlik (salınımsal) Ölçümü

Örneklerin sertlik değerleri ASTM D4366-16 (2016) esaslarına uyularak, Onalkon BGD509 markalı pandüllü sertlik ölçüm cihazı ile köning (6° den 3° 'ye) yöntemine göre ilkbahar ve yaz odunu ayrımı yapılmaksızın liflere paralel yönde yapılmıştır

(Fotoğraf 4.3). Cihaz, ölçüm platformuna yerleştirilen örnek yüzeyinde salınım yapan pandül salınımlarına göre katman sertliklerini belirler (Şekil 4.1). Salınımın fazla olduğu yüzeyler sert, az olduğu yüzeyler ise daha düşük sertlikte anlamına gelmektedir.



Şekil 4.1 Sertlik ölçümünün şematik gösterimi (A: Pandül, B: Panel tutucu C: Test paneli D: Ölçek) (ASTM D4366, 2016)



Fotoğraf 4.3 Salınımsal sertlik ölçüm cihazı

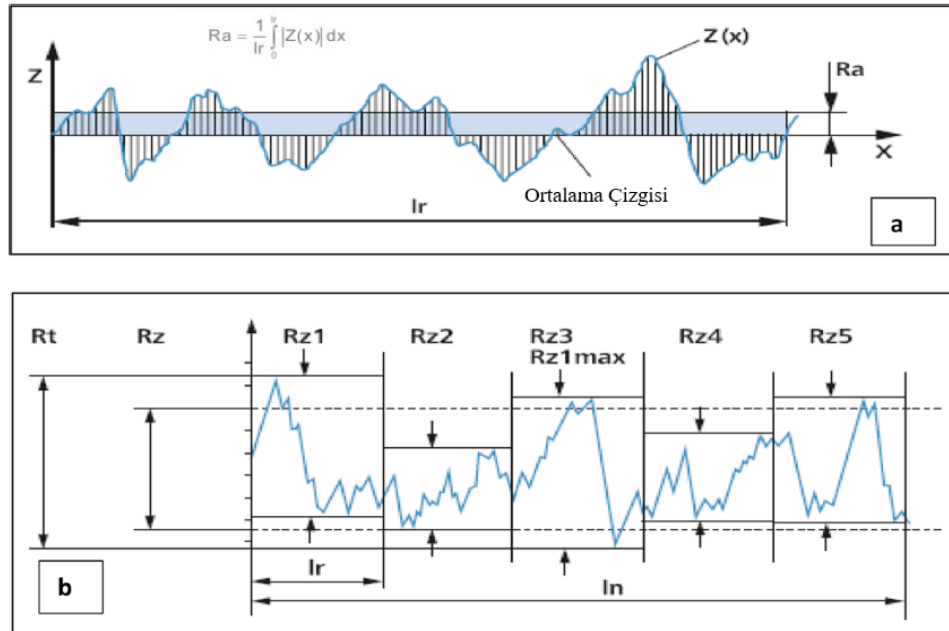
4.4 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Örneklerin yüzey pürüzlülüğü ölçümleri TS 6956 EN ISO 4287/A1 (2013) esaslarına göre Accretech Handysurf E-35 B (Tokyo Seimitsu) iğne taramalı yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ile yapılmıştır (Fotoğraf 4.4). Pürüzlülük ölçümü liflere dik yönde yapılmıştır.



Fotoğraf 4.4 Accretech Handysurf E 35B yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı

Çalışmada, örneklerin ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) ve on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z) değerleri ölçülmüştür. Ortalama pürüzlülük (R_a), pürüzlülük profili boyunca profil ortalama çizgisinden sapmalara ilişkin tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır. R_a , pürüzlülük profili ile bu profilin ortalama çizgisi arasındaki alandır. R_z , pürüzlülük profil uzunluğu boyunca yer alan en yüksek 5 tepe ve en derin 5 çukurun ortalama değerlerinin toplamıdır (Aydın ve Çolakoğlu, 2003) (Şekil 4.2).



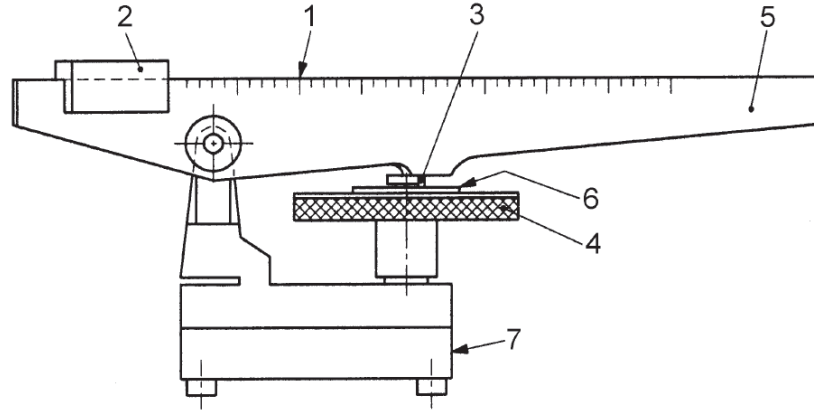
R_a : Ortalama yüzey pürüzlülüğü, R_z : on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü, R_t : Toplam profil yüksekliği
 l_n : ölçüm uzunluğu, l_r : örnek uzunluğu

Şekil 4.2 Ortalama (R_a) ve on nokta ortalama (R_z) yüzey pürüzlülüğü (Hamed vd. 2019)

Ölçümler oda sıcaklığında, titreşim ve gürültü kaynaklarından uzak iğne çapı 5 μm , ölçme hızı 0,5 mm/sn, tarama uzunluğu 12,5 mm ve sınır dalga boyu, $\lambda_c= 2,5$ mm olacak şekilde yapılmıştır. Ölçüm hassasiyeti için her 50 ölçümde bir cihaz yeniden kalibre edilmiştir. Örneklerin ve cihazın yer düzlemine paralelliği kontrol edilmiş ve ayarlanmıştır.

4.5 Çizilme Direnci Ölçümü

Çizilme direnci TS EN 15186 (2017) esaslarına göre belirlenmiştir. Ölçümler SFC Kronospan Entegre Orman Ürünleri firmasının Kastamonu fabrikasında ERICHSEN Model 413 çizilme direnci test makinesinde yapılmıştır (Şekil 4.2; Fotoğraf 4.5). Örnekler deney düzeneğine yerleştirildikten sonra (Fotoğraf 4.5); öncelikle 5 N'luk bir kuvvetle örnek bir tur döndürülmekte kesintisiz bir çizgi oluşmamış ise kesintisiz bir çizgi oluşuncaya kadar 1 N'luk kademelerle kuvvet arttırılmaktadır.

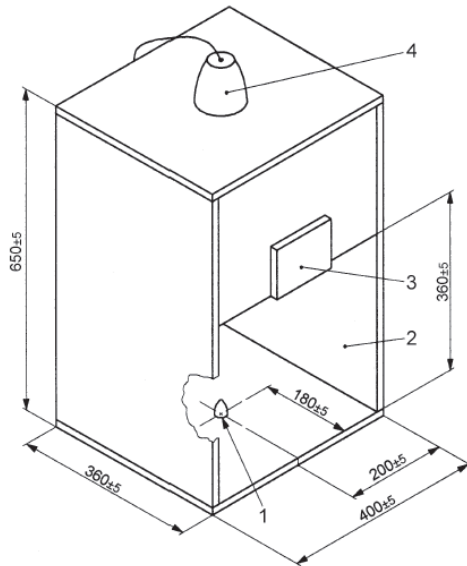


Şekil 4.3 Çizilme direnci cihazı şeması (1-Skala, 2- Hareketli ağırlık, 3-Yarım küre elmas çizme ucu, 4- Motorlu döner tabla, 5- Kol, 6- Sıkıştırma disk 7- Sehpa) (TS EN 15186, 2017)



Fotoğraf 4.5 Çizilme direnci ölçüm cihazı

5 N'luk kuvvet uygulamasında kesintisiz çizgi oluşur ise, 2 N'a kadar 0,5 N'luk, 1 N'a kadar 0,20 N'luk ve 1 N'un altında 0,1 N'luk kademelerle kuvvet azaltılarak işlem sürdürülmektedir. Her kademede örnek yüzeyleri 1000 Lüks'lük ışık kaynağına sahip görüntüleme kabininde kontrol edilmektedir (Şekil 4.3; Fotoğraf 4.6). Daire şeklinde meydana gelen sürekli çizgilerde kesintiler oluşmaya başladıktan sonra denemeye son verilmektedir. 8 eşit bölgeye ayrılan örnek yüzeyinde 8 bölgeden 6'sında aynı tekrarı veren uygulama kuvvetlerine göre belirlenmiştir.



Şekil 4.4 Görüntüleme kabini (1- Deney levhasının konumu, 2- Duvarın mat siyah içi, 3- Alın koyma (köpük-lastik ped), 4- Lamba tutucu) (TS EN 15186, 2017)



Fotoğraf 4.6 Örnek yüzeylerinin incelendiği görüntüleme kabini

4.6 Yüzeye Yapışma Direnci Ölçümü

Verniklerin yüzeye yapışma direnci ASTM D4541-17 (2017) esaslarına göre belirlenmiştir. Ölçümler SHIMADZU AG-IC 20kN/50kN marka universal test cihazında yapılmıştır (Fotoğraf 4.7). Örnek yüzeylerine 20 mm çapta çelik silindirler Bison marka çift komponentli epoksi yapıştırıcı ile oda sıcaklığında ve özel kalıplar yardımı ile yapıştırılmıştır. Daha sonra örnekler 24 saat kurumaya bırakılmıştır.



Fotoğraf 4.7 Üniversal test cihazı ve yüzeye yapışma direnci deney düzeneği

Çekme silindirinin yapıştırıldığı yüzeylerdeki katman, malzeme yüzeylerine kadar kesici yardımıyla kesilmiştir (Fotoğraf 4.8). Bu işlem ile yalnızca yapıştırılan alanın kopartılmasına olanak sağlanmıştır (Budakçı, 2006).



Fotoğraf 4.8 Çekme silindiri çevresi temizleme aparatı

Örnekler universal test cihazında yüzeye yapıştırılan silindirlerden çekilerek kopartılmış ve kopma anındaki kuvvet kaydedilmiştir (Fotoğraf 4.9).



Fotoğraf 4.9 Yapıştırılmış ve koparılmış deney örneği

ASTM D4541-17 (2017) standardına uyularak çekme gerilmesinin, deneyin 90 saniye içerisinde tamamlanmasına özen gösterilmiştir. Yapışma direnci aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Budakçı, 2006).

$$X = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \text{ (MPa)} \quad (4.3)$$

Burada:

X= Yapışma direnci (MPa),

F= Kopma anındaki kuvvet (Newton)

d= Çekme silindirinin çapı (mm).

4.7 Isı İletkenliği Katsayısı Ölçümü

Örneklerin ısı iletkenliği katsayısı ölçümleri ASTM C1113 / C1113M-09 (2019) esaslarına göre yapılmıştır. Ölçümlerde Kyoto (Japon) marka Quick Thermal Conductivity-500 (QTM-500) cihazı kullanılmıştır (Fotoğraf 4.10). Isı iletkenliği test cihazında PD-11 sensör probu kullanılmıştır. Ölçüm aralığı 0,0116–6 W/K'dir. Ölçümlere başlamadan önce deney örnekleri, 20±2°C sıcaklık ve %65±5°C bağıl nemde değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Örneklerin ısı iletkenliği ölçülerek değerler Kcal/mh°C olarak kaydedilmiştir. Cihazın kalibrasyon ölçümleri

yapıldıktan sonra örneklerin ölçümlerine geçilmiş ve her bir örneğin 60 sn süreyle otomatik olarak ölçümleri yapılmıştır.



Fotoğraf 4.10 Isı iletkenliği katsayısı ölçüm cihazı

Isı iletkenliği katsayısı hesaplamasında kullanılan formül aşağıda verilmiştir:

$$\lambda = \frac{Q \times e}{A \times z \times (t_2 - t_1)} \text{ (W/m.K)} \quad (4.4)$$

Eşitlikteki sembollerin açıklaması aşağıda verilmiştir:

λ : Isı iletkenliği katsayısı, (W/m.K)

Q : Isı miktarı, (Cal veya Kcal)

e : Kalınlık, (cm, m)

A : Yüzey alanı, (cm², m²)

z : Zaman, (sn, saat)

$t_2 - t_1$: İki yüzey arasındaki sıcaklık farkı (°C)

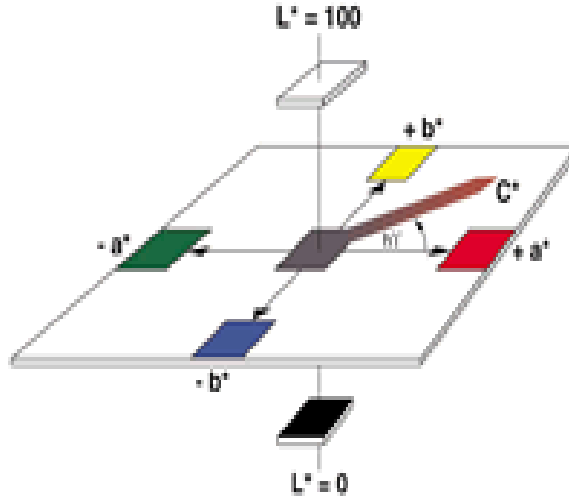
4.8 Toplam Renk Değişimi Ölçümü

Renk ölçümlerinde ASTM D2244-16 (2016)'da belirtilen esaslara uyulmuştur. Renk değişimleri $CIEL^*a^*b^*$ renk sistemine göre ölçüm yapabilen Konica Minolta CM-2300d cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Fotoğraf 4.11).



Fotoğraf 4.11 Renk ölçüm cihazı

$CIEL^*a^*b^*$ 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. $CIEL^*a^*b^*$ renk alanı Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Cihaz ışık kaynağı D65 ve 10° olarak kalibre edilmiştir.



Şekil 4.5 CIE $L^*a^*b^*$ renk alanı (Karamanoğlu, 2012)

CIE $L^*a^*b^*$ sistemine göre, toplam renk değişimi (ΔE^*):

$$\Delta L^* = L^*_2 - L^*_1$$

$$\Delta a^* = a^*_2 - a^*_1$$

$$\Delta b^* = b^*_2 - b^*_1$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4.5)$$

eşitliğinden yararlanılarak belirlenir (Karamanoğlu, 2012).

Burada:

ΔL^* , Δa^* ve Δb^* , değerleri renklerin ilk hali (1) ile son hali (2) arasındaki farktır. Verniklerin toplam renk değişimi (ΔE^*) değerleri kontrol gruplarına göre değerlendirilmiştir.

4.9 Ağaç Malzemelerin FTIR ((Fouirer Transform Infrared Spectroscopy – (Fourier Transform Kızılötesi Spektrofotometresi)) Analizi

Kontrol örnekleri ile ısıtılma maruz bırakılmış çam ve dişbudak numunelerinin FTIR analizleri Bruker marka Alpha model Infrared Spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 4.6). Bu amaçla tüm gruplardaki odun örnekleri öğütüldükten sonra KBr ile %1'lik karışım hazırlanarak kalıp içerisinde şeffaf tablet haline getirilmiştir.

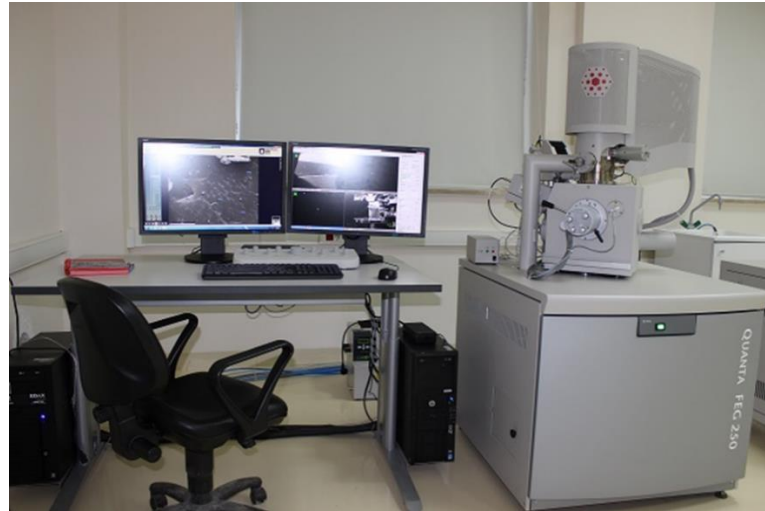
Numunelerin FTIR ölçümleri, $800\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ spektra aralığında 4 cm^{-1} (40 skan) çözünürlükte gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.6 Bruker Alpha marka Infrared Spektrofotometresi

4.10 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Nanoparçacıkların ve vernik katmanlarının SEM analizleri FEI marka Quanta FEG 250 model taramalı elektron mikroskobu ile yapılmıştır. SEM analizlerinde nanoparçacıkların yapısı, D70 ve D99 vernik katmanlarındaki dağılımları ile vernik katmanlarının yüzey morfolojileri incelenmiştir.



Şekil 4.7 Taramalı Elektron Mikroskobu Cihazı

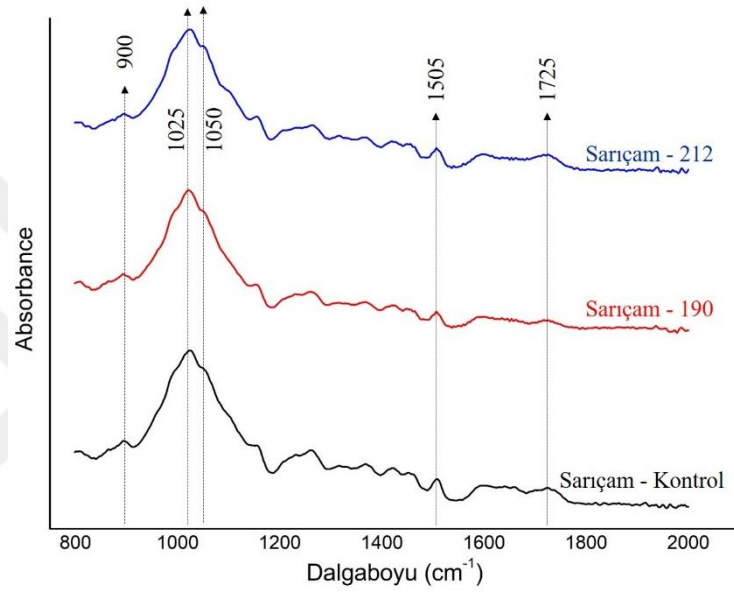
4.11 Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada istatistiksel analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde SPSS V22 programı kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde, farklı süre ve sıcaklıklarda ısıtılma işlemi tabi tutulduktan sonra verniklenen örnekler (kontrol) ile aynı şekilde hazırlanmış daha sonra hızlandırılmış yaşlandırma testine maruz bırakılmış örneklerle ait sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çoklu Varyans Analizi “ANOVA” testleri sonucunda ağaç türü, ısıtılma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve karşılıklı etkileşimlerinin sertlik, yüzey pürüzlülüğü, çizilme direnci, yüzeye yapışma direnci, ısı iletkenliği katsayısına ve toplam renk değişimine etkileri belirlenmiştir. Faktör etkileşimlerinin $\alpha=0,05$ hata payı ile anlamlı olduğu durumlarda Duncan testi ile karşılaştırmalar yapılmıştır. En küçük önemli fark (LSD) kritik değerleri kullanılarak yapılan testlere göre bu farklılığın hangi faktörlerden kaynaklandığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

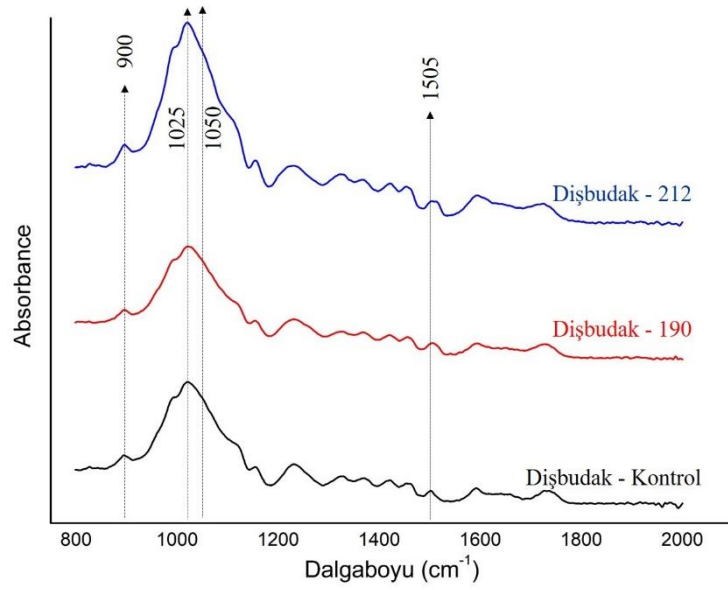
5. BULGULAR

5.1 Ağaç Malzemelerin FTIR Analizine Ait Bulgular

Çalışmada kullanılan çam ve dişbudak örneklerinin FTIR spektralleri Şekil 5.1 (a, b)'de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.1 Kontrol örnekleri ile 190 °C ve 212 °C sıcaklıklarda ısı işleme maruz bırakılmış çam (a) ve dişbudak (b) odunlarının FTIR analizleri

FTIR analizlerinde, kontrol grubu örneklerine göre ısıtıl işlem sonrası çam ve dişbudak örneklerinde 900, 1025, 1050, 1505 ve 1725 cm^{-1} 'deki piklerde çok şiddetli olmamakla birlikte değişimler tespit edilmiştir. Dişbudak odun örneklerinde meydana gelen pik yüksekliğindeki artışın çam odun örneklerinden genellikle daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 5.1'de her iki tür için 800 – 4000 cm^{-1} dalga boyu arası incelenmiş olup 800-2000 cm^{-1} arasındaki dalga boyları verilmiştir. Sarıçam FTIR grafiği (Şekil 5.1-a), incelendiğinde 1725 cm^{-1} 'deki pik yapısında meydana gelen değişim dikkat çekmektedir. Genel olarak bu pik C=O gerilme titreşimini göstermekte olup pik şiddeti 190 °C ısıtıl işlemde şiddetini azaltmış, artan sıcaklık ile birlikte ise tekrar artış göstermiştir. Michell ve Higgins (2002), 1730 cm^{-1} pik civarındaki şiddetlerin ksilan yapısındaki asetoksi gruplarının karbonil gruplarından kaynaklandığını belirtmektedir. Araştırmacılar bu pik yapısındaki değişimlerin ksilan yapısındaki asetil ya da asetoksi gruplarının kopmasından kaynaklı olabileceğini belirtmişlerdir. Bu pik dişbudak (Şekil 5.1-b) odunlarında düşük oranda da olsa ısıtıl işlem ile çok az miktarda artış göstermiştir. Bu değişimin ısıtıl işlem ile odun hücre duvarlarında bulunan OH gruplarının karbonil grubuna dönüşmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Özan vd. 2017).

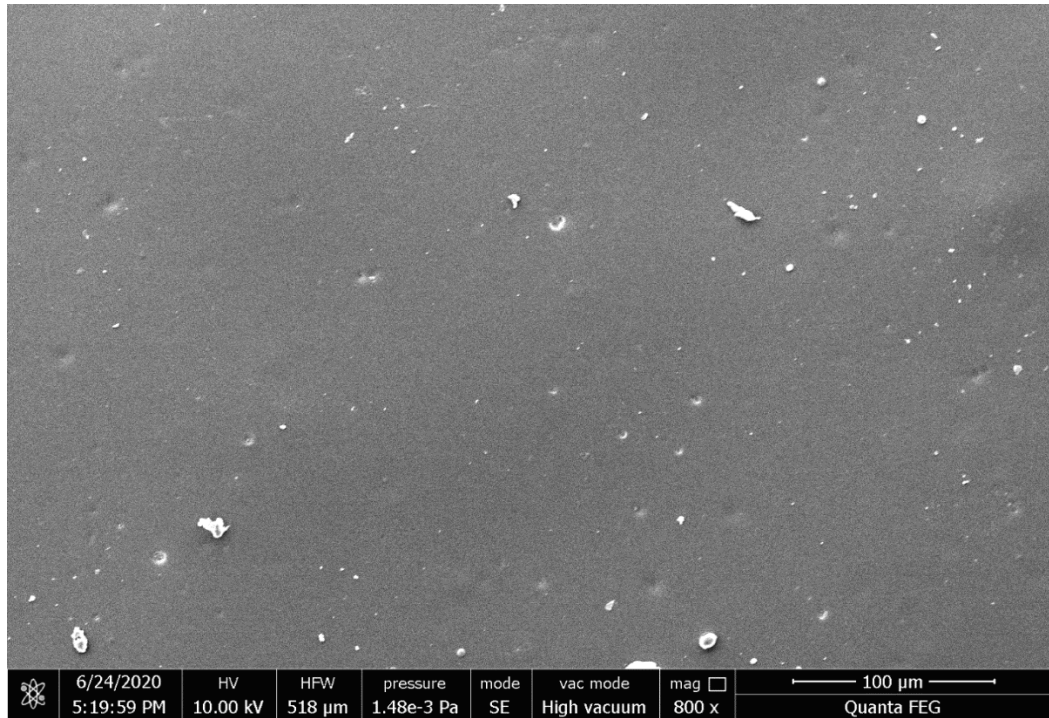
1506-1510 cm^{-1} aralığındaki pikler lignin yapısındaki aromatik halkalardaki C=O ve COO- simetrik olmayan gerilim titreşimlerine atfedilmektedir (Can ve Sivrikaya, 2017). Çam ve dişbudak numunelerinin her ikisi için de 1505 cm^{-1} piki, ısıtıl işlem sonrası şiddetlerini çok az oranda da olsa azaltmış, keskin pik yapısı artan sıcaklık uygulaması ile daha geniş bir bant yapısı haline dönüşmüştür. Pik şiddetinde meydana gelen bu azalma, ısıtıl işlem sıcaklığının artması ile daha da yükselmiştir. Isıtıl işlem sonrası lignin pikindeki bu azalışın, Esteves vd. (2013) tarafından lignin içerisindeki metoksil gruplarının azalmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

1230-1270 cm^{-1} 'deki bant aralığındaki piklerdeki değişim lignin ve hemiselülozdaki CO gerilimi ile guayasil halkasındaki titreşimi göstermektedir. Çam ve dişbudak numunelerinde ısıtıl işlem sonrası bu piklerde artış olduğu gözlemlenmiştir. 900, 1025, 1030 ve 1050 cm^{-1} civarındaki pikler; selülozdaki C-O, O-H, C-H ve C-O-C tipi

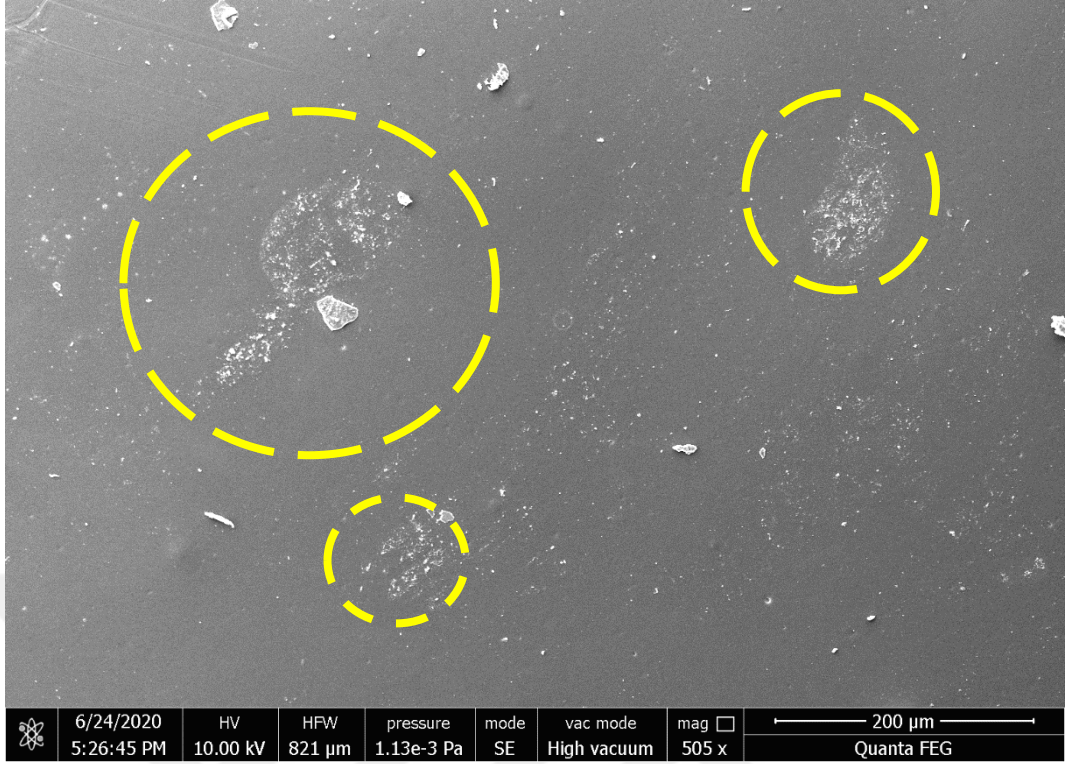
bağları göstermektedir. Her iki tür için ısıtıl işlem sonrası belirtilen pik değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Dişbudak spektralarında meydana gelen artış çam spektralarından fazla olmuştur. Burada önemli olan pik değişimi Sarıçam odununda artan ısıtıl işlem sıcaklığı ile birlikte 900 cm^{-1} pikinin şiddetinde meydana gelen çok düşük orandaki azalma ile birlikte keskin pik şiddetinin geniş bant şekline dönüşmesidir. Esteves vd. (2013), şeker halka gerilimi piki olan bu pikin halka açılması ile ilişkili değişiklik göstermesi olarak belirtmişlerdir. Bununla birlikte, aynı sıcaklıklarda dişbudak odununda bu pikte herhangi bir değişiklik olmaması yapısının daha dayanıklı olması nedeniyle halka açılımını engelleyici stabilizeye sahip olması ile açıklanabilir.

5.2 Vernik Katmanlarının SEM Analizine Ait Bulgular

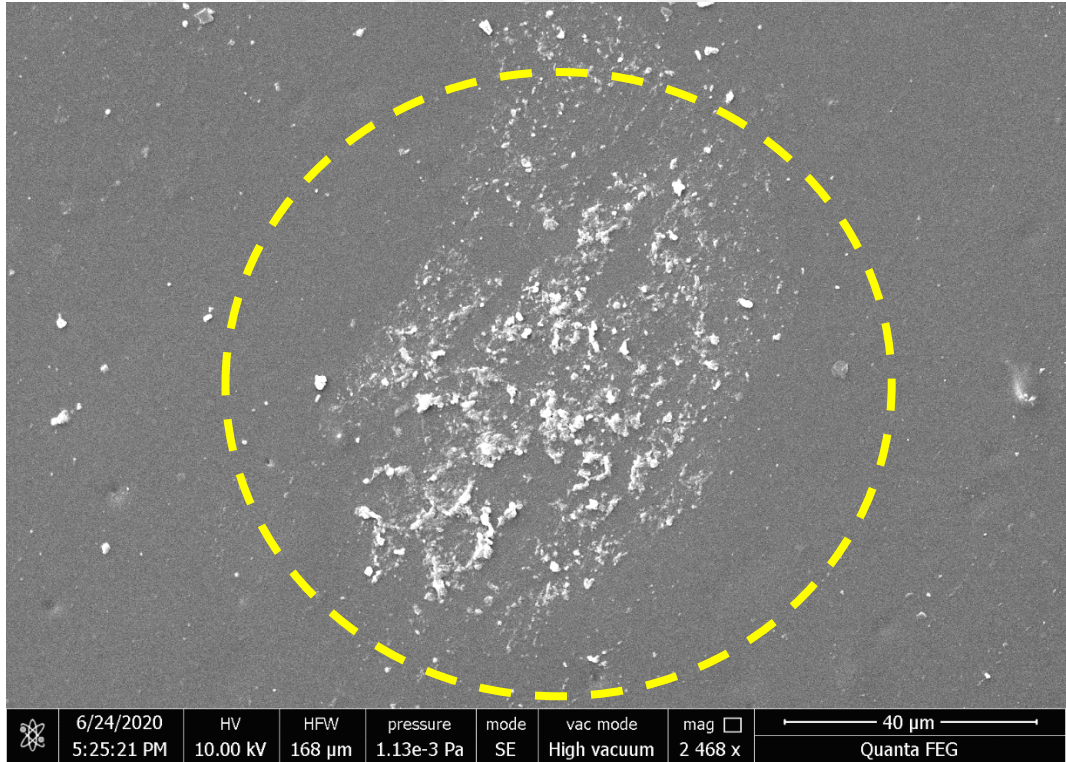
Çalışmada kullanılan D70 verniklerin modifiyesiz (kontrol), ZnO ve seramik kürecik ile modifiyeli katmanlarına ait SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) yüzey analiz görüntüleri Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te, D99 verniklerin SEM yüzey analiz görüntüleri ise Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da verilmiştir.



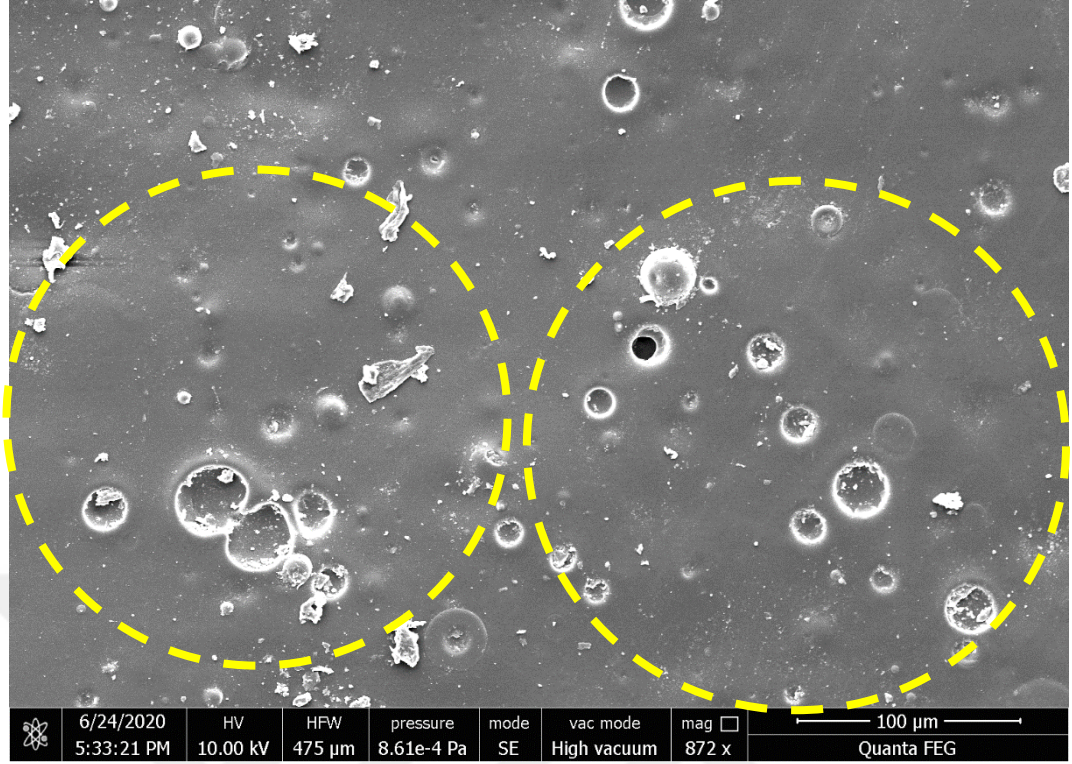
Şekil 5.2 Modifiyesiz (kontrol) D70 vernik katmanı SEM görüntüsü



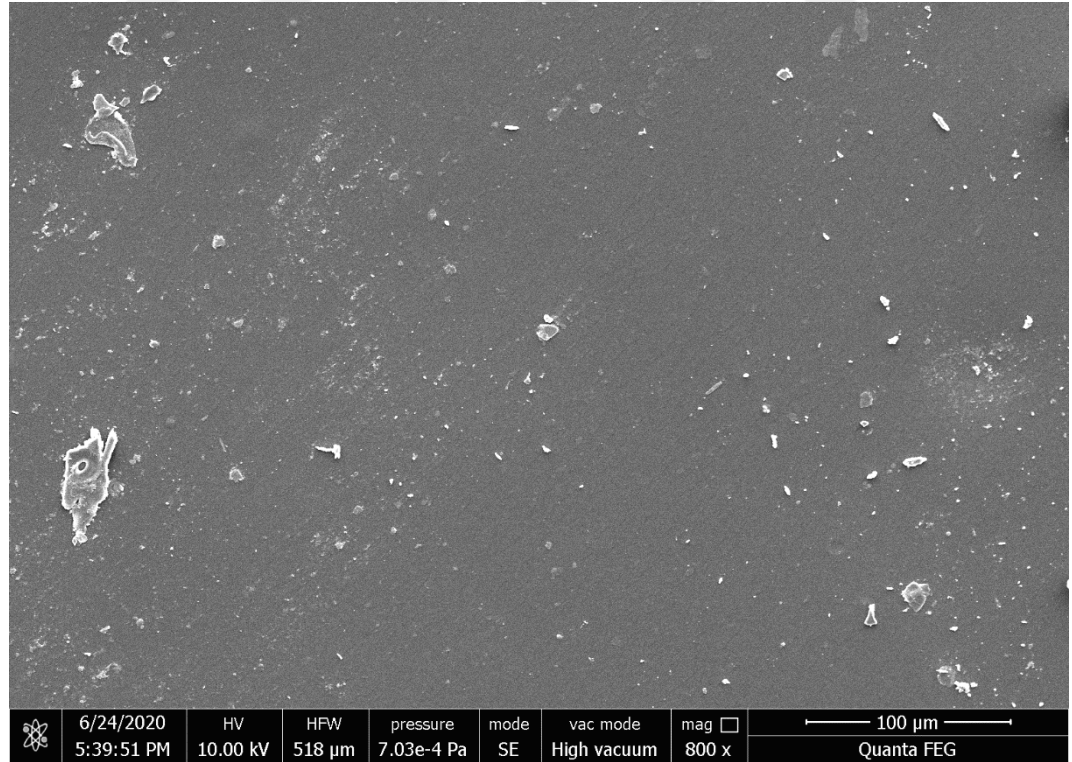
Şekil 5.3 D70 vernik katmanında ZnO'in 1 nolu SEM görüntüsü



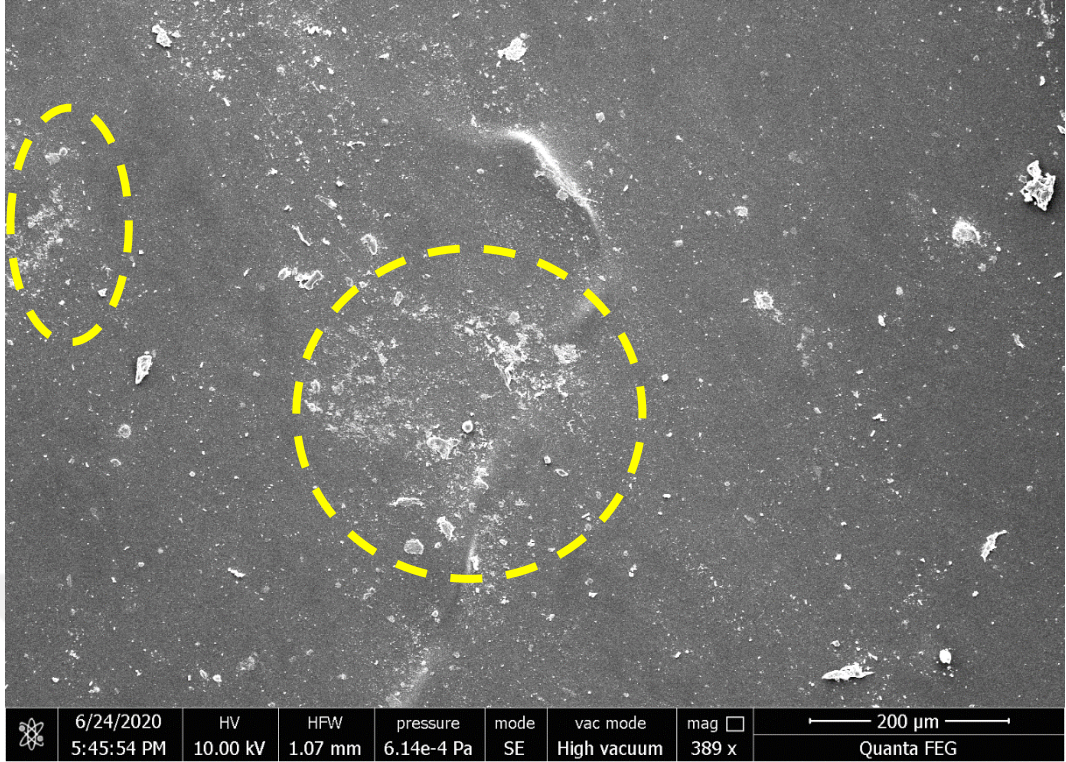
Şekil 5.4 D70 vernik katmanında ZnO'in 2 nolu SEM görüntüsü



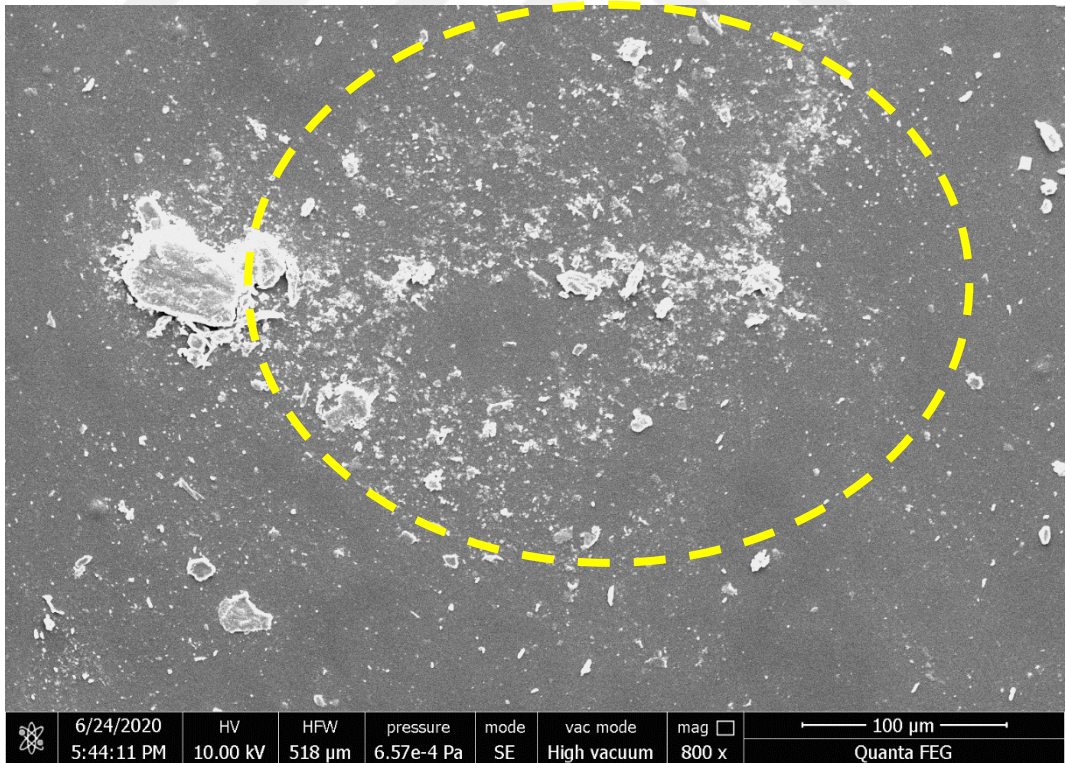
Şekil 5.5 D70 vernik katmanında seramik küreciğın SEM görüntüsü



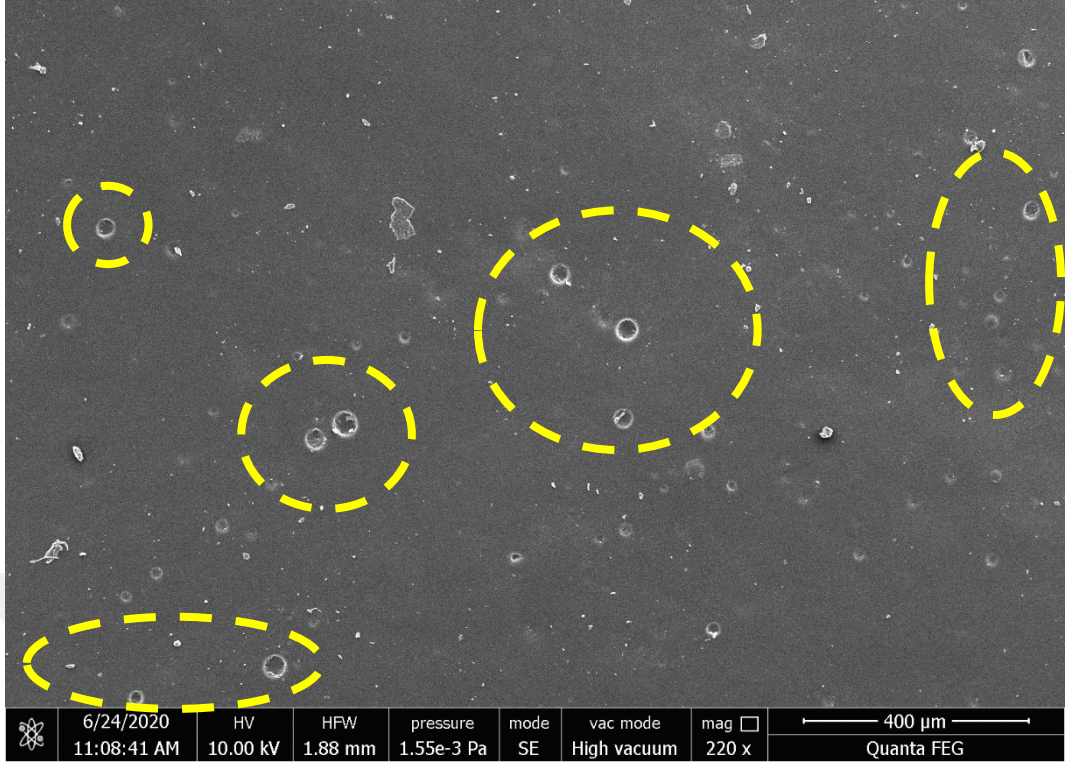
Şekil 5.6 Modifiyesiz (kontrol) D99 vernik katmanı SEM görüntüsü



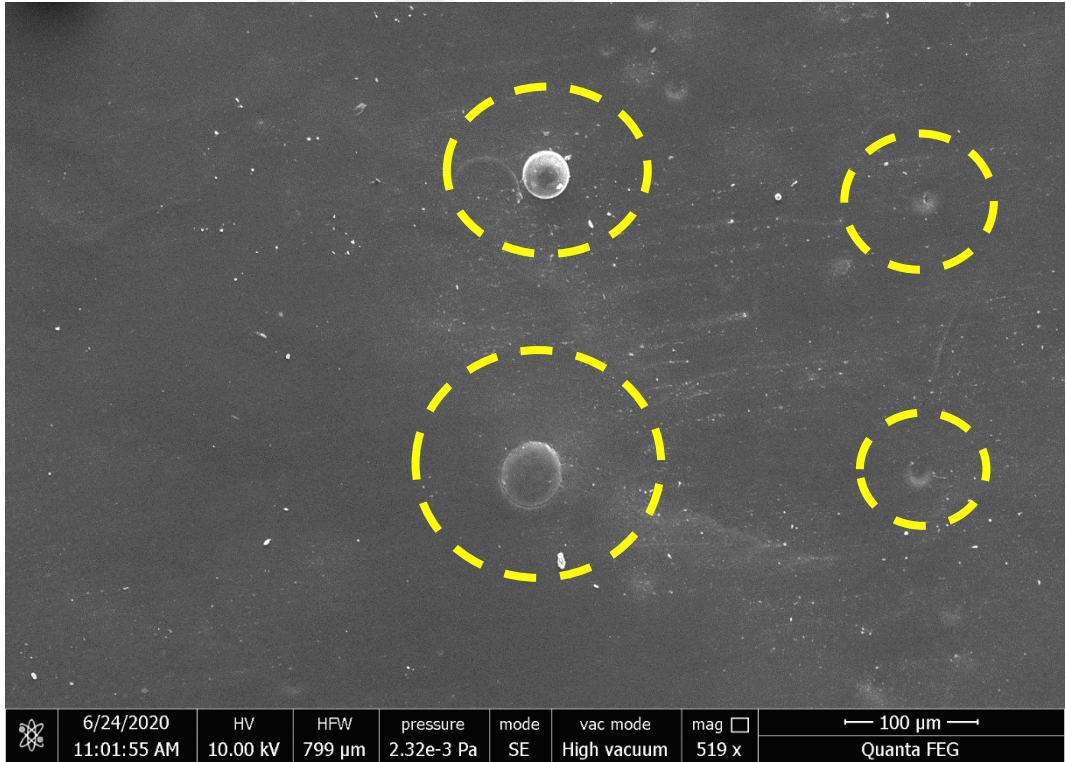
Şekil 5.7 D99 vernik katmanında ZnO'in 1 nolu SEM görüntüsü



Şekil 5.8 D99 vernik katmanında ZnO'in 2 nolu SEM görüntüsü



Şekil 5.9 D99 vernik katmanında seramik küreciğin 1 nolu SEM görüntüsü



Şekil 5.10 D99 vernik katmanında seramik küreciğin 2 nolu SEM görüntüsü

Vernik katmanlarının SEM görüntülerine göre, hem D70 hem de D99 vernik katmanlarında ZnO'in topaklanma yaptığı ve seyrek dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Seramik küreciğin D70 vernik katmanlarında gruplaştığı/topaklandığı, D99 vernik katmanlarında ise çok seyrek dağılım yaptığı gözlenmiştir. Her ne kadar nanoparçacıklar bir bölgede toplanmış gibi görünse de test sonuçlarına göre nanoparçacıkların D70 ve D99 vernik katmanlarında homojen bir dağılım göstererek vernik katmanlarının performansını iyileştirdiği düşünülmektedir. Literatürde çeşitli verniklere (su bazlı, şellak) farklı nanoparçacık (ZnO, TiO₂, SiO₂) katkıları ile ağaç malzemeler üzerine yapılan uygulamalarda nanoparçacıkların vernik katmanında tabaka halinde yayılım gösterdiği ve katman özelliklerini geliştirdiği belirtilmiştir. Fakat katmanda gruplaşmanın/topaklanmanın meydana geldiği ve bu duruma nanoparçacıkların karışım şeklinin etki etmediği bildirilmiştir (Licchelli vd. 2012; Moya vd. 2017; Weththimuni vd. 2019). D70 ve D99 verniklerin modifiyesiz (kontrol) ve modifiyeli katmanlarında herhangi bir katman kusuru (baloncuk oluşumu vb.) gözlenmemiştir. Özellikle seramik kürecik modifiyeli katmanlarda küreciklerde meydana gelen yüzey boşluklarının SEM analizi esnasında ışın ve vakum etkisi ile oluştuğu düşünülmektedir. Nitekim analiz esnasında yüksek büyütme oranlarında vernik katmanlarının parçalandığı gözlenmiştir.

5.3 Verniklerin Kuru Film Kalınlıklarına Ait Bulgular

Çalışmada kullanılan verniklerin kuru film katman kalınlıklarına ait aritmetik ortalama değerleri Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Kuru film kalınlığı ortalama değerleri (mm)

Ağağ Türü (A)	Vernikler (C)	Yaşlandırma ve Isıl İşlem (C ve D)					
		Kontrol			240 saat Yaşlandırma		
		Kontrol	190 °C	212 °C	Kontrol	190 °C	212 °C
Çam	D70 Kontrol	0,050	0,053	0,061	0,032	0,019	0,031
	D70 %1 ZnO	0,051	0,056	0,060	0,046	0,035	0,039
	D70 %3 ZnO	0,061	0,065	0,068	0,021	0,048	0,035
	D70 %5 ZnO	0,058	0,059	0,060	0,048	0,049	0,059
	D70 %1 Ser.	0,056	0,059	0,051	0,056	0,058	0,050
	D70 %3 Ser.	0,058	0,065	0,059	0,050	0,061	0,053
	D70 %5 Ser.	0,058	0,057	0,056	0,034	0,056	0,052
	D99 Kontrol	0,199	0,219	0,202	0,181	0,204	0,198
	D99 %1 ZnO	0,252	0,202	0,249	0,202	0,146	0,202
	D99 %3 ZnO	0,249	0,230	0,218	0,187	0,192	0,127
	D99 %5 ZnO	0,222	0,197	0,240	0,184	0,183	0,222
	D99 %1 Ser.	0,190	0,199	0,171	0,157	0,131	0,164
	D99 %3 Ser.	0,231	0,189	0,225	0,139	0,178	0,208
	D99 %5 Ser.	0,191	0,152	0,227	0,186	0,129	0,172
Dişbudak	D70 Kontrol	0,070	0,058	0,067	0,025	0,040	0,028
	D70 %1 ZnO	0,065	0,055	0,068	0,055	0,054	0,067
	D70 %3 ZnO	0,065	0,066	0,066	0,058	0,054	0,065
	D70 %5 ZnO	0,065	0,067	0,070	0,062	0,066	0,034
	D70 %1 Ser.	0,072	0,073	0,062	0,053	0,064	0,038
	D70 %3 Ser.	0,062	0,057	0,061	0,050	0,055	0,060
	D70 %5 Ser.	0,057	0,062	0,066	0,056	0,060	0,065
	D99 Kontrol	0,197	0,152	0,294	0,136	0,139	0,167
	D99 %1 ZnO	0,274	0,218	0,237	0,157	0,124	0,131
	D99 %3 ZnO	0,214	0,140	0,187	0,138	0,125	0,166
	D99 %5 ZnO	0,197	0,215	0,198	0,114	0,172	0,143
	D99 %1 Ser.	0,195	0,138	0,211	0,183	0,125	0,190
	D99 %3 Ser.	0,254	0,170	0,191	0,131	0,152	0,175
	D99 %5 Ser.	0,161	0,175	0,224	0,146	0,159	0,198

A: Ağağ türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik

Verniklerin kuru film kalınlıkları; 212 °C’de ısıl işlem uygulanan, yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) dişbudakta en yüksek, 190 °C’de ısıl işlem uygulanan, yüzeylerine modifiye edilmeyen D70 kontrol vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda ise en düşük tespit edilmiştir. Kuru film kalınlık ortalamaları yaşlandırma öncesi ve sonrası kontrollerine göre karşılaştırıldığında, 212 °C’de ısıl işlem uygulanan ve yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan dişbudakta en yüksek değer farkı (0,127 mm), ısıl işlem uygulanmayan ve yüzeylerine %1 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan çamda (0 mm) ise en düşük değer farkı tespit edilmiştir. Buna karşın yüzeylerine %3 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan çam örneklerinin katman kalınlıklarında (% 65,5) en yüksek azalma tespit edilmiştir.

5.4 Vernik Katmanı Sertlik Değerlerine Ait Bulgular

Isıl işlem uygulanmış çam ve dişbudak odunlarının yüzeylerine nanoparçacıklar ile modifiye edildikten sonra uygulanan su bazlı verniklerin, UV yaşlandırma etkisi sonrası vernik katmanı sertlik değerlerine ilişkin veriler Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2. Sertlik değerlerine ait veriler

Faktör (ABCD)			Sertlik Değerleri							
			Ağaç Türü (A)							
			Çam				Dişbudak			
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	$\bar{X}$	Ss	Xmin	Xmax	$\bar{X}$	Ss	Xmin	Xmax
** Kontrol	D70 Kontrol	Kontrol	57,4	8,76	45	68	55,4	4,38	48	63
		240 saat	73,5	1,84	71	77	80,5	4,03	75	88
	D70 %1 ZnO	Kontrol	55,8	3,19	50	61	64,5	3,31	60	70
		240 saat	56,9	1,52	55	59	75,5	5,62	65	83
	D70 %3 ZnO	Kontrol	53	2,62	50	57	52,5	3,87	48	59
		240 saat	63	3,27	57	67	59,1	3,45	52	64
	D70 %5 ZnO	Kontrol	54,7	1,64	52	57	53,1	2,47	49	57
		240 saat	56,4	2,99	53	62	65,9	4,84	58	72
	D70 %1 Ser.	Kontrol	56,3	3,2	50	62	54,8	2,74	51	58
		240 saat	57,2	1,32	55	59	70,6	2,32	66	73
	D70 %3 Ser.	Kontrol	44,9	5,88	36	53	65,8	6,12	55	74
		240 saat	56,7	2,67	52	61	71,5	2,55	68	76
	D70 %5 Ser.	Kontrol	49,1	3,6	44	56	62,5	2,95	59	68
		240 saat	52,5	4,03	44	59	71,8	4,24	65	79
	D99 Kontrol	Kontrol	20,5	1,18	18	22	14,7	0,95	13	16
		240 saat	23,6	1,07	22	25	20,5	1,27	19	22
	D99 %1 ZnO	Kontrol	24,4	0,97	23	26	23,8	1,03	22	25
		240 saat	24,9	1,1	23	26	24,5	1,08	23	26
	D99 %3 ZnO	Kontrol	24,8	2,2	22	28	21,6	1,26	20	24
		240 saat	30,3	3,47	24	35	29,8	1,03	28	31
	D99 %5 ZnO	Kontrol	18,6	0,7	17	19	18,3	0,48	18	19
		240 saat	25,1	0,88	24	26	24,7	1,06	23	26
	D99 %1 Ser.	Kontrol	18,8	0,92	17	20	18,9	1,1	17	20
		240 saat	24,1	0,74	23	25	22	1,33	20	24
	D99 %3 Ser.	Kontrol	21,9	1,2	21	25	20,3	0,82	19	21
		240 saat	28,6	0,97	27	30	28,1	0,74	27	29
	D99 %5 Ser.	Kontrol	40,8	1,87	38	44	40,6	1,35	38	42
		240 saat	44,7	1,16	43	47	50,5	2,95	46	55
190 °C	D70 Kontrol	Kontrol	59,2	4,64	53	68	53,6	5,97	49	66
		240 saat	74,9	3,21	68	79	73,4	10,15	62	88
	D70 %1 ZnO	Kontrol	57,3	5,68	51	67	58,2	5,61	51	65
		240 saat	58,2	1,62	55	61	66,8	4,02	61	74
	D70 %3 ZnO	Kontrol	54,5	2,99	49	59	50,7	2,45	47	55
		240 saat	64,5	2,32	61	68	56,4	2,72	53	62
	D70 %5 ZnO	Kontrol	55,6	2,17	51	58	51,6	1,9	49	55
		240 saat	58,1	2,85	54	63	61,4	3,69	57	69
	D70 %1 Ser.	Kontrol	57,1	4,33	50	63	52,9	2,33	49	56
		240 saat	67,5	4,4	62	76	69,2	1,03	67	70

Tablo 5.2'nin devamı

190 °C	D70 %3 Ser.	Kontrol	55,3	5,33	47	63	62,1	7,19	50	71
		240 saat	66,9	3,57	61	72	69,7	4,45	62	76
	D70 %5 Ser.	Kontrol	51,1	3,73	47	60	61,4	2,99	58	68
		240 saat	56,3	3,13	53	63	68	4,29	62	74
	D99 Kontrol	Kontrol	18,9	0,99	17	21	15,6	1,07	14	17
		240 saat	21,6	1,78	19	24	21,9	1,37	20	24
	D99 %1 ZnO	Kontrol	25,1	1,1	24	27	22,7	1,34	21	25
		240 saat	25,5	0,85	24	27	23	1,15	21	25
	D99 %3 ZnO	Kontrol	25,9	0,74	25	27	23,6	0,97	22	25
		240 saat	32,5	1,72	30	35	27,5	0,97	26	29
	D99 %5 ZnO	Kontrol	18,9	0,74	18	20	17	0,47	16	18
		240 saat	25,4	1,07	23	27	24	1,05	22	25
	D99 %1 Ser.	Kontrol	21,1	0,88	20	22	19,3	0,82	18	21
		240 saat	25,6	0,97	24	27	24,1	1,52	21	26
	D99 %3 Ser.	Kontrol	24,7	0,82	24	26	21,7	0,67	21	23
		240 saat	30,3	0,82	29	32	28,2	0,79	27	29
	D99 %5 Ser.	Kontrol	45,5	1,35	44	48	41,6	1,9	39	44
		240 saat	47,8	1,93	45	51	53	2,83	49	57
212 °C	D70 Kontrol	Kontrol	56,7	3,06	51	60	60	5,87	50	66
		240 saat	62,8	2,9	60	69	81,8	5,51	72	89
	D70 %1 ZnO	Kontrol	55,1	4,89	49	62	65,4	2,5	62	68
		240 saat	65,6	4,81	57	72	77,9	3,9	72	84
	D70 %3 ZnO	Kontrol	51,4	3,24	45	56	48,7	2,87	44	53
		240 saat	59,5	4,01	54	66	61,4	2,88	58	67
	D70 %5 ZnO	Kontrol	52,4	2,12	48	55	46,2	2,97	42	51
		240 saat	62,3	3,09	57	67	60,6	2,12	57	64
	D70 %1 Ser.	Kontrol	60,1	5,09	53	68	49,7	2,45	45	53
		240 saat	66,3	1,83	63	69	68,5	2,99	64	73
	D70 %3 Ser.	Kontrol	61,2	6,83	51	71	60,1	6,44	47	69
		240 saat	69,9	3,31	64	76	77,3	5,27	68	87
	D70 %5 Ser.	Kontrol	59,9	3,41	55	66	59,9	3,11	53	63
		240 saat	57,1	1,66	54	59	73,7	3,33	70	80
	D99 Kontrol	Kontrol	18,5	0,85	17	20	16,5	0,53	16	17
		240 saat	22,7	1,89	20	25	21,7	1,42	19	23
	D99 %1 ZnO	Kontrol	26,2	1,48	24	29	22,6	1,35	20	25
		240 saat	25,9	0,99	24	27	22,3	1,25	20	24
	D99 %3 ZnO	Kontrol	29,7	1,49	27	32	24,5	1,08	23	26
		240 saat	32	1,56	29	34	28,7	1,42	26	30
	D99 %5 ZnO	Kontrol	19,5	1,08	18	21	14	0,47	13	15
		240 saat	26,3	0,82	25	27	22,9	0,99	21	24
	D99 %1 Ser.	Kontrol	21,5	0,53	21	22	19,2	0,92	18	21
		240 saat	26,1	1,2	24	28	20,9	0,99	20	23
	D99 %3 Ser.	Kontrol	25,5	1,18	24	27	22	0,67	21	23
		240 saat	31,5	0,97	30	33	28,6	1,65	26	32
	D99 %5 Ser.	Kontrol	48,8	1,03	47	50	36,5	1,58	34	39
		240 saat	50,1	1,52	48	52	46,8	2,62	43	51

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, **: Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Vernik katmanı sertlik değerleri, ağaç 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 Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3 Sertlik değeri varyans analizi sonuçları

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	486,438	486,438	53,941	0,000*
Isıl İşlem (B)	2	358,158	179,079	19,858	0,000*
Vernik Çeşidi (C)	13	559230	43017,679	4770,207	0,000*
Yaşlandırma Periyodu(D)	1	23147,4	23147,438	2566,807	0,000*
Etkileşim (AB)	2	1433,96	716,979	79,505	0,000*
Etkileşim (AC)	13	10631,7	817,823	90,688	0,000*
Etkileşim (AD)	1	1478,44	1478,438	163,943	0,000*
Etkileşim (BC)	26	2480,39	95,4	10,579	0,000*
Etkileşim (BD)	2	38,044	19,022	2,109	0,122**
Etkileşim (CD)	13	6287,6	483,661	53,633	0,000*
Etkileşim (ABC)	26	3645,46	140,21	15,548	0,000*
Etkileşim (ABD)	2	193,244	96,622	10,714	0,000*
Etkileşim (ACD)	13	1947,16	149,782	16,609	0,000*
Etkileşim (BCD)	26	1035,77	39,837	4,418	0,000*
Etkileşim (ABCD)	26	1047,71	40,296	4,468	0,000*
Hata	1512	13635,2	9,018		
Toplam	1680	3840252			

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

Tablo 5.3'e göre; ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri, ısıt işlem-yaşlandırma periyodu (BD) etkileşimi haricinde anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Daha sonra LSD kritik değer kullanılarak ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4 Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde sertlik değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	LSD±
Ağaç Türü (A)	Çam	43,2	B	0,2871
	Dişbudak	44,3	A*	
Isıl İşlem (B)	Kontrol	43,2	C	0,3517
	190 °C	43,6	B	
	212 °C	44,3	A*	
Vernik Çeşidi (C)	D70 Kontrol	65,8	A*	0,7597
	D70 %1 ZnO	63,1	B	
	D70 %3 ZnO	56,2	D	
	D70 %5 ZnO	56,5	D	
	D70 %1 Ser.	60,9	C	
	D70 %3 Ser.	63,5	B	
	D70 %5 Ser.	60,3	C	
	D99 Kontrol	19,7	J	
	D99 %1 ZnO	24,2	H	
	D99 %3 ZnO	27,6	F	
	D99 %5 ZnO	21,2	I	
	D99 %1 Ser.	21,8	I	
	D99 %3 Ser.	26,0	G	
	D99 %5 Ser.	45,6	E	
Yaşlandırma Periyodu (D)	Kontrol	40,0	B	0,2871
	240 Saat	47,4	A*	

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.4'e göre sertlik değeri; ağaç türü düzeyinde en yüksek dişbudakta tespit edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde en yüksek 212 °C'de, en düşük kontrol grubunda tespit edilmiştir. Vernik çeşidinde en yüksek modifiye edilmeyen D70 kontrol vernikte, en düşük D99 kontrol vernikte tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodunda en yüksek 240 saatlik UV yaşlandırmaya maruz kalmış örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem (AB) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AB	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	41,38	B	43,76	AB	44,45	AB
Dişbudak	45,06	A*	43,52	AB	44,23	AB
LSD± 0,4973						

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **B**: Isıl işlem, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.5'e göre sertlik değeri; en yüksek ısı işlem uygulanmayan (kontrol) dişbudakta, en düşük ısı işlem uygulanmayan (kontrol) çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.6 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AC	Çam		Dişbudak	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	64,08	B	67,45	A*
D70 %1 ZnO	58,15	DE	68,05	A*
D70 %3 ZnO	57,65	DE	54,80	F
D70 %5 ZnO	56,58	EF	56,47	EF
D70 %1 Ser.	60,75	C	60,95	C
D70 %3 Ser.	59,15	CD	67,75	A*
D70 %5 Ser.	54,33	F	66,22	A*
D99 Kontrol	20,97	LMN	18,48	O
D99 %1 ZnO	25,33	IJ	23,15	JKL
D99 %3 ZnO	29,20	HG	25,95	I
D99 %5 ZnO	22,30	LMN	20,15	NO
D99 %1 Ser.	22,87	KLM	20,73	MN
D99 %3 Ser.	27,08	IJ	24,82	IJK
D99 %5 Ser.	46,28	G	44,83	G
LSD± 1,0744				

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **C**: Vernik Çeşidi **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir

Tablo 5.6'ya göre sertlik değeri; en yüksek yüzeylerine modifiye edilmeyen (kontrol) ve %1 ZnO, %3 ve %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan dişbudakta, en düşük yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan dişbudakta tespit edilmiştir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7 Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	40,42	C	45,97	B
Dişbudak	39,62	C	48,92	A*
LSD± 0,4061				

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

Tablo 5.7'ye göre sertlik değeri; en yüksek 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük her iki ağaç türünün yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerinde tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.8'de verilmiştir.

Tablo 5.8 Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör BC	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	66,70	A*	65,28	ABC	65,33	ABC
D70 %1 ZnO	63,18	BCDE	60,13	EFGH	66,00	ABC
D70 %3 ZnO	56,90	IJ	56,53	IJ	55,25	J
D70 %5 ZnO	57,53	HIJ	56,68	IJ	55,38	J
D70 %1 Ser.	59,73	FGHI	61,68	DEFG	61,15	DEFG
D70 %3 Ser.	59,73	FGHI	63,50	BCD	67,13	ABC
D70 %5 Ser.	58,98	GHI	59,20	GHI	62,65	CDEF
D99 Kontrol	19,83	S	19,50	S	19,85	S
D99 %1 ZnO	24,40	MNOP	24,08	NOPR	24,25	MNOP
D99 %3 ZnO	26,63	LMN	27,38	LM	28,73	L
D99 %5 ZnO	21,68	OPRS	21,33	PRS	20,68	S
D99 %1 Ser.	20,95	RS	22,53	OPRS	21,93	OPRS
D99 %3 Ser.	24,73	MNO	26,23	LMN	26,90	LMN
D99 %5 Ser.	44,15	K	46,98	K	45,55	K
LSD± 1,3158						

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.8'e göre sertlik değeri; en yüksek ısı işlem uygulanmayan (kontrol) ve yüzeylerine modifiye edilmeyen (kontrol) D70 vernik uygulanan örneklerde, en düşük hem ısı işlem uygulanan hem de uygulanmayan ve yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan örnekler ile 212 °C'de ısı işlem uygulanan ve

yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.9'da verilmiştir.

Tablo 5.9 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	57,05	G	74,48	A*
D70 %1 ZnO	59,38	EF	66,82	C
D70 %3 ZnO	51,8	I	60,65	E
D70 %5 ZnO	52,27	I	60,78	E
D70 %1 Ser.	55,15	H	66,55	C
D70 %3 Ser.	58,23	FG	68,67	B
D70 %5 Ser.	57,32	G	63,23	D
D99 Kontrol	17,45	R	22	O
D99 %1 ZnO	24,13	MN	24,35	MN
D99 %3 ZnO	25,02	M	30,13	L
D99 %5 ZnO	17,72	R	24,73	M
D99 %1 Ser.	19,8	P	23,8	MNO
D99 %3 Ser.	22,68	NO	29,22	L
D99 %5 Ser.	42,3	K	48,82	J
LSD± 1,0744				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, C: Vernik Çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.9'a göre sertlik değeri; en yüksek yüzeylerine modifiye edilmeyen D70 kontrol vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, en düşük yüzeylerine kontrol ile %5 ZnO modifiyeli D99 vernikleri uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıtma işlemi - vernik çeşidi (ABC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10 Ağaç türü - ısıt işlem- vernik çeşidi faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABC	Çam						Dişbudak					
	Kontrol		190 °C		212 °C		Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	65,45	DEF	67,05	B-E	59,75	H-M	67,95	A-D	63,5	E-H	70,9	AB
D70 %1 ZnO	56,35	L-R	57,75	K-P	60,35	H-L	70	ABC	62,5	F-J	71,65	A*
D70 %3 ZnO	58	K-O	59,5	H-N	55,45	N-S	55,8	M-S	53,55	RS	55,05	OPR
D70 %5 ZnO	55,55	N-S	56,85	L-R	57,35	K-R	59,5	H-N	56,5	L-R	53,4	RS
D70 %1 Ser.	56,75	L-R	62,3	F-J	63,2	E-I	62,7	E-I	61,05	G-K	59,1	I-O
D70 %3 Ser.	50,8	ST	61,1	G-K	65,55	DEF	68,65	A-D	65,9	DEF	68,7	A-D
D70 %5 Ser.	50,8	RST	53,7	PRS	58,5	J-O	67,15	B-E	64,7	EFG	66,8	CDE
D99 Kontrol	22,05	f-k	20,25	i-l	20,6	h-l	17,6	I	18,75	j-l	19,1	j-l
D99 %1 ZnO	24,65	c-h	25,3	b-g	26,05	b-f	24,15	d-ı	22,85	e-j	22,45	e-k
D99 %3 ZnO	27,55	a-d	29,2	ab	30,85	a	25,7	b-g	25,55	b-g	26,6	b-e
D99 %5 ZnO	21,85	f-k	22,15	f-k	22,9	e-j	21,5	g-l	20,5	h-l	18,45	kl
D99 %1 Ser.	21,45	g-l	23,35	d-ı	23,8	d-ı	20,45	h-l	21,7	g-l	20,05	ı-l
D99 %3 Ser.	25,25	b-g	27,5	a-d	28,5	abc	24,2	d-ı	24,95	c-h	25,3	b-g
D99 %5 Ser.	42,75	VYZ	46,65	UV	49,45	TU	45,55	VY	47,3	TUV	41,65	Z
LSD± 1,8609												

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, , A: Ağaç Türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.10'a göre sertlik değeri; en yüksek 212 °C'de ısıt işlem uygulanan ve yüzeylerine %1 ZnO modifiyeli D70 vernik uygulanan dişbudakta, en düşük ısıt işlem uygulanmayan (kontrol) ve yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan dişbudakta tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.11 Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu			
		Kontrol		240 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	Kontrol	38,64	D	44,11	BC
	190 °C	40,73	CD	46,79	AB
	212 °C	41,89	CD	47,01	AB
Dişbudak	Kontrol	40,49	CD	49,64	A*
	190 °C	39,43	CD	47,61	AB
	212 °C	38,95	D	49,51	A*
LSD± 0,7034					

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

Tablo 5.11'e göre sertlik değeri; en yüksek ısıt işlem uygulanmayan (kontrol) ile 212 °C'de ısıt işlem uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük ısıt işlem uygulanmayan ve yaşlandırılmayan (kontrol) çam ile 212 °C'de ısıt işlem uygulanan ve yaşlandırılmayan dişbudakta tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.12'de verilmiştir.

Tablo 5.12 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ACD	Çam				Dişbudak			
	Kontrol		240 Saat		Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	57,77	IJ	70,4	D	56,33	JK	78,57	A*
D70 %1 ZnO	56,07	JK	60,23	GH	62,7	EF	73,4	B
D70 %3 ZnO	52,97	M	62,33	EF	50,63	NO	58,97	HI
D70 %5 ZnO	54,23	KLM	58,93	HI	50,3	O	62,63	EF
D70 %1 Ser.	57,83	IJ	63,67	E	52,47	MN	69,43	D
D70 %3 Ser.	53,8	LM	64,5	E	62,67	EF	72,83	BC
D70 %5 Ser.	53,37	LM	55,3	KL	61,27	FG	71,17	CD
D99 Kontrol	19,3	fg	22,63	cd	15,6	h	21,37	def
D99 %1 ZnO	25,23	YZab	25,43	Yza	23,03	bcd	23,27	a-d
D99 %3 ZnO	26,8	VY	31,6	T	23,23	a-d	28,67	UV
D99 %5 ZnO	19	g	25,6	YZ	16,43	h	23,87	Zabc
D99 %1 Ser.	20,47	efg	25,27	YZab	19,13	g	22,33	cde
D99 %3 Ser.	24,03	Zabc	30,13	TU	21,33	def	28,3	UV
D99 %5 Ser.	45,03	R	47,53	P	39,57	S	50,1	O
LSD± 1,5194								

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.12'ye göre sertlik değeri; en yüksek yüzeylerine modifiye edilmeyen D70 kontrol vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük yüzeylerine modifiye edilmeyen (kontrol) ile %5 ZnO modifiyeli D99 vernikleri uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) dişbudakta tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.13'te verilmiştir.

Tablo 5.13 Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (BCD)		Kontrol		190 °C		212 °C	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	Kontrol	56,4	L-O	56,4	L-O	58,35	J-M
	240 saat	77	A*	74,15	AB	72,3	B
D70 %1 ZnO	Kontrol	60,15	H-K	57,75	K-N	60,25	H-K
	240 saat	66,2	CD	62,5	E-H	71,75	B
D70 %3 ZnO	Kontrol	52,75	PR	52,6	PR	50,05	RS
	240 saat	61,05	F-K	60,45	H-K	60,45	H-K
D70 %5 ZnO	Kontrol	53,9	OP	53,6	OP	49,3	S
	240 saat	61,15	F-K	59,75	H-K	61,45	F-J
D70 %1 Ser.	Kontrol	55,55	L-P	55	M-P	54,9	NOP
	240 saat	63,9	D-G	68,35	C	67,4	C
D70 %3 Ser.	Kontrol	55,35	L-P	58,7	I-L	60,65	G-K
	240 saat	64,1	DEF	68,3	C	73,6	B
D70 %5 Ser.	Kontrol	55,8	L-P	56,25	L-O	59,9	H-K
	240 saat	62,15	E-I	62,15	E-I	65,4	CDE
D99 Kontrol	Kontrol	17,6	ef	17,25	ef	17,5	ef
	240 saat	22,05	Y-c	21,75	Y-c	22,2	Y-b
D99%1 ZnO	Kontrol	24,1	VYZ	23,9	VYZ	24,4	VYZ
	240 saat	24,7	VY	24,25	VYZ	24,1	VYZ
D99%3 ZnO	Kontrol	23,2	Y-b	24,75	VY	27,1	V
	240 saat	30,05	U	30	U	30,35	U
D99%5 ZnO	Kontrol	18,45	def	17,95	def	16,75	f
	240 saat	24,9	VY	24,7	VY	24,6	VYZ
D99%1 Ser.	Kontrol	18,85	c-f	20,2	b-e	20,35	a-e
	240 saat	23,05	Y-b	24,85	VY	23,5	Y-b
D99%3 Ser.	Kontrol	21,1	Z-d	23,2	Y-b	23,75	V-a
	240 saat	28,35	U	29,25	U	30,05	U
D99%5 Ser.	Kontrol	40,7	T	43,55	T	42,65	T
	240 saat	47,6	S	50,4	RS	48,45	S
LSD± 1,8609							

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.13'e göre sertlik değeri; en yüksek ısı işlem uygulanmayan (kontrol), yüzeylerine modifiye edilmeyen D70 kontrol vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, en düşük 212 °C'de ısı işlem uygulanan, yüzeylerine %5 ZnO modifiyeli D99 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.14'te verilmiştir.

Tablo 5.14 Ağaç türü- Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait sertlik değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (ABCD)			Isıl İşlem					
			Kontrol		190 °C		212 °C	
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	D70 Kontrol	Kontrol	57,4	a-e	59,2	V-c	56,7	b-f
		240 saat	73,5	EFG	74,9	DE	62,8	P-T
	D70 %1 ZnO	Kontrol	55,8	d-g	57,3	a-e	55,1	d-h
		240 saat	56,9	a-e	58,2	Y-d	65,6	M-P
	D70 %3 ZnO	Kontrol	53	g-ı	54,5	e-j	51,4	j-n
		240 saat	63	O-T	64,5	N-S	59,5	U-c
	D70 %5 ZnO	Kontrol	54,7	e-ı	55,6	d-h	52,4	h-m
		240 saat	56,4	c-f	58,1	Z-d	62,3	S-V
	D70 %1 Ser.	Kontrol	56,3	c-f	57,1	a-e	60,1	T-a
		240 saat	57,2	a-e	67,5	J-N	66,3	LMN
	D70 %3 Ser.	Kontrol	44,9	st	55,3	d-h	61,2	T-Z
		240 saat	56,7	b-f	66,9	J-N	69,9	HIJ
	D70 %5 Ser.	Kontrol	49,1	n-r	51,1	k-n	59,9	T-b
		240 saat	52,5	h-m	56,3	c-f	57,1	a-e
	D99 Kontrol	Kontrol	20,5	17a-22a	18,9	20a-23a	18,5	21a-24a
		240 saat	23,6	7a-17a	21,6	12a-21a	22,7	9a-18a
	D99%1 ZnO	Kontrol	24,4	6a-14a	25,1	4a-11a	26,2	2a-8a
		240 saat	24,9	5a-12a	25,5	2a-10a	25,9	2a-9a
	D99%3 ZnO	Kontrol	24,8	6a-13a	25,9	2a-9a	29,7	yz1a
		240 saat	30,3	yz1a	32,5	y	32	y
	D99%5 ZnO	Kontrol	18,6	21a-23a	18,9	20a-23a	19,5	18a-23a
		240 saat	25,1	4a-11a	25,4	2a-10a	26,3	2a-7a
	D99%1 Ser.	Kontrol	18,8	20a-23a	21,1	14a-22a	21,5	13a-22a
		240 saat	24,1	7a-15a	25,6	2a-10a	26,1	2a-8a
	D99%3 Ser.	Kontrol	21,9	11a-20a	24,7	6a-13a	25,5	2a-10a
		240 saat	28,6	z-3a	30,3	yz1a	31,5	yz
	D99%5 Ser.	Kontrol	40,8	u	45,5	st	48,8	n-r
		240 saat	44,7	t	47,8	o-s	50,1	l-o

Tablo 5.14'ün devamı

Dişbudak	D70 Kontrol	Kontrol	55,4	d-h	53,6	f-k	60	T-a
		240 saat	80,5	AB	73,4	EFG	81,8	A*
	D70 %1 ZnO	Kontrol	64,5	N-S	58,2	Y-d	65,4	M-R
		240 saat	75,5	CDE	66,8	K-O	77,9	BC
	D70 %3 ZnO	Kontrol	52,5	h-m	50,7	k-o	48,7	n-r
		240 saat	59,1	V-c	56,4	c-f	61,4	S-Y
	D70 %5 ZnO	Kontrol	53,1	g-i	51,6	i-n	46,2	rst
		240 saat	65,9	MNO	61,4	S-Y	60,6	T-Z
	D70 %1 Ser.	Kontrol	54,8	e-h	52,9	g-i	49,7	m-p
		240 saat	70,6	GHI	69,2	H-L	68,5	I-M
	D70 %3 Ser.	Kontrol	65,8	M-P	62,1	S-V	60,1	T-a
		240 saat	71,5	FGH	69,7	H-K	77,3	CD
	D70 %5 Ser.	Kontrol	62,5	R-U	61,4	S-Y	59,9	T-b
		240 saat	71,8	FGH	68	I-M	73,7	EF
	D99 Kontrol	Kontrol	14,7	25a-26a	15,6	24a-26a	16,5	23a-26a
		240 saat	20,5	16a-22a	21,9	11a-20a	21,7	12a-21a
	D99 %1 ZnO	Kontrol	23,8	7a-16a	22,7	9a-18a	22,6	9a-18a
		240 saat	24,5	6a-13a	23	7a-17a	22,3	10a-19a
	D99 %3 ZnO	Kontrol	21,6	12a-21a	23,6	7a-17a	24,5	6a-13a
		240 saat	29,8	yz1a	27,5	1a-6a	28,7	z1a2a
	D99 %5 ZnO	Kontrol	18,3	22a-24a	17	23a-25a	14	26a**
		240 saat	24,7	6a-13a	24	7a-15a	22,9	8a-17a
	D99 %1 Ser.	Kontrol	18,9	20a-23a	19,3	19a-23a	19,2	19a-23a
		240 saat	22	11a-20a	24,1	7a-15a	20,9	15a-22a
	D99 %3 Ser.	Kontrol	20,3	17a-22a	21,7	12a-21a	22	11a-20a
		240 saat	28,1	1a-5a	28,2	1a-4a	28,6	z-3a
	D99 %5 Ser.	Kontrol	40,6	u	41,6	u	36,5	v
		240 saat	50,5	k-o	53	g-i	46,8	p-t
LSD± 2,6317								

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **B**: Isıl işlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek sertlik değerini ******: En düşük sertlik değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.14'e göre sertlik değeri; en yüksek 212 °C'de ısıtma işlemi uygulanan, yüzeylerine modifiye edilmeyen D70 kontrol vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük 212 °C'de ısıtma işlemi uygulanan, yüzeylerine %5 ZnO modifiyeli D99 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) dişbudakta tespit edilmiştir.

5.5 Vernik Katmanı Yüzey Pürüzlülüğüne Ait Bulgular

5.5.1 Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra*) Değerine Ait Bulgular

Isıl işlem uygulanmış çam ve dişbudak odunlarının yüzeylerine nanoparçacıklar ile modifiye edildikten sonra uygulanan su bazlı verniklerin, UV yaşlandırma etkisi sonrası vernik katmanını ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerine ilişkin veriler Tablo 5.15’te verilmiştir.

Tablo 5.15 Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değerlerine ait veriler

Faktör (ABCD)			Yüzey Pürüzlülüğü (Ra*) Değerleri							
			Ağaç Türü (A)							
			Çam				Dişbudak			
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	$\bar{x}$	Ss	Xmin	Xmax	$\bar{x}$	Ss	Xmin	Xmax
** Kontrol	D70 Kontrol	Kontrol	1,56	0,12	1,38	1,75	4,24	1,06	3,24	6,20
		240 saat	2,21	0,53	1,64	3,18	3,93	0,91	2,80	5,50
	D70 %1 ZnO	Kontrol	0,85	0,11	0,69	1,10	2,72	0,66	1,76	3,80
		240 saat	0,93	0,21	0,66	1,24	6,08	1,41	4,30	8,30
	D70 %3 ZnO	Kontrol	1,93	0,27	1,55	2,50	4,99	0,60	4,30	6,50
		240 saat	2,08	0,26	1,75	2,67	7,77	1,72	5,90	12,00
	D70 %5 ZnO	Kontrol	2,73	0,51	2,24	3,72	6,71	1,05	5,20	8,50
		240 saat	3,23	0,38	2,57	3,81	9,80	1,66	7,40	13,20
	D70 %1 Ser.	Kontrol	1,04	0,15	0,76	1,24	4,30	0,78	2,98	5,20
		240 saat	1,27	0,26	0,99	1,83	4,70	1,28	3,10	6,70
	D70 %3 Ser.	Kontrol	1,85	0,51	1,07	2,87	5,07	0,54	4,40	5,90
		240 saat	0,97	0,14	0,76	1,22	3,12	0,70	2,29	4,70
	D70 %5 Ser.	Kontrol	0,90	0,11	0,73	1,09	4,85	0,78	3,70	6,00
		240 saat	1,47	0,49	1,01	2,33	5,37	0,72	3,98	6,50
	D99 Kontrol	Kontrol	1,98	0,44	1,31	2,59	4,38	1,25	2,69	6,60
		240 saat	3,05	0,55	2,50	3,94	5,53	0,78	4,40	6,80
	D99%1 ZnO	Kontrol	1,02	0,18	0,85	1,43	2,82	0,80	1,42	4,20
		240 saat	1,35	0,21	1,09	1,80	2,74	0,61	1,80	3,60
	D99%3 ZnO	Kontrol	0,94	0,18	0,72	1,22	3,22	1,00	1,91	4,90
		240 saat	1,27	0,24	1,05	1,66	4,96	0,40	4,43	5,70
	D99%5 ZnO	Kontrol	0,68	0,11	0,55	0,85	2,76	0,79	1,72	4,30
		240 saat	0,85	0,11	0,70	1,05	4,10	0,54	3,11	4,86
	D99%1 Ser.	Kontrol	1,31	0,38	0,82	2,10	3,68	0,97	2,50	5,70
		240 saat	1,19	0,28	0,87	1,65	4,68	0,82	3,43	6,20
	D99%3 Ser.	Kontrol	0,78	0,10	0,65	0,99	2,49	0,81	1,58	4,10
		240 saat	0,91	0,08	0,80	1,03	4,26	1,11	3,10	6,40
	D99%5 Ser.	Kontrol	3,06	0,74	2,20	4,36	4,74	1,65	2,67	7,50
		240 saat	2,86	0,36	2,41	3,35	4,56	0,56	3,60	5,50

Tablo 5.15'in devamı

190 °C	D70 Kontrol	Kontrol	1,95	0,34	1,23	2,42	6,84	1,22	4,60	8,30
		240 saat	2,24	0,33	1,86	2,77	6,82	0,80	5,10	7,80
	D70 %1 ZnO	Kontrol	1,31	0,23	1,00	1,67	6,21	0,87	5,00	7,50
		240 saat	1,36	0,22	1,08	1,85	7,96	1,20	6,20	9,60
	D70 %3 ZnO	Kontrol	3,01	0,58	2,08	3,90	8,07	0,75	6,20	8,80
		240 saat	2,56	0,32	2,10	3,06	9,58	2,13	5,80	13,60
	D70 %5 ZnO	Kontrol	3,90	0,35	3,35	4,46	12,57	1,77	9,20	14,90
		240 saat	3,35	0,30	2,96	3,88	11,33	2,51	7,70	16,00
	D70 %1 Ser.	Kontrol	1,48	0,26	1,09	1,80	5,25	0,54	4,40	6,20
		240 saat	1,91	0,36	1,34	2,56	6,44	1,37	4,40	8,30
	D70 %3 Ser.	Kontrol	2,00	0,56	1,26	2,81	6,36	0,89	4,80	7,50
		240 saat	1,31	0,27	1,05	1,77	5,61	0,69	4,60	6,60
	D70 %5 Ser.	Kontrol	1,56	0,17	1,24	1,81	4,60	0,99	3,30	5,90
		240 saat	1,16	0,21	0,94	1,49	5,54	1,18	3,70	7,40
	D99 Kontrol	Kontrol	2,39	0,43	1,69	3,11	7,28	2,03	5,00	11,70
		240 saat	3,24	0,37	2,63	3,89	6,64	0,87	5,10	7,90
	D99%1 ZnO	Kontrol	1,09	0,16	0,90	1,37	3,55	0,73	2,81	5,10
		240 saat	1,47	0,19	1,18	1,84	3,63	0,70	2,87	4,70
	D99%3 ZnO	Kontrol	1,21	0,13	1,04	1,45	5,06	1,19	3,30	7,20
		240 saat	2,57	0,55	2,00	3,60	6,23	0,94	4,70	7,20
	D99%5 ZnO	Kontrol	0,97	0,12	0,81	1,23	4,84	1,60	2,08	7,70
		240 saat	0,87	0,12	0,66	1,09	2,64	0,51	2,08	3,60
	D99%1 Ser.	Kontrol	1,50	0,47	0,90	2,17	4,64	1,23	3,00	7,40
		240 saat	2,02	0,56	1,30	2,80	5,90	0,68	4,70	6,90
	D99%3 Ser.	Kontrol	1,04	0,24	0,80	1,51	3,84	1,17	2,05	5,70
		240 saat	0,91	0,13	0,78	1,11	4,25	0,79	3,30	5,80
	D99%5 Ser.	Kontrol	3,67	0,49	2,72	4,40	7,32	2,13	3,90	10,80
		240 saat	3,31	0,47	2,56	3,97	15,64	23,90	6,70	83,60
212 °C	D70 Kontrol	Kontrol	2,71	0,42	2,29	3,75	7,84	0,98	6,50	9,80
		240 saat	2,68	0,35	1,99	3,31	5,17	1,17	2,40	6,70
	D70 %1 ZnO	Kontrol	2,19	0,46	1,65	3,08	7,32	1,05	5,90	8,70
		240 saat	1,48	0,10	1,33	1,63	8,77	1,48	7,20	11,10
	D70 %3 ZnO	Kontrol	3,33	0,28	2,96	3,76	10,01	1,91	8,60	14,80
		240 saat	2,97	0,44	2,50	4,00	9,02	1,96	5,50	11,80
	D70 %5 ZnO	Kontrol	3,87	0,46	3,23	4,60	6,00	1,06	4,70	7,40
		240 saat	4,30	0,55	3,54	5,39	7,11	0,67	6,10	8,40
	D70 %1 Ser.	Kontrol	2,03	0,40	1,59	2,79	6,62	1,44	4,70	9,70
		240 saat	2,42	0,17	2,10	2,68	7,37	1,64	5,50	10,90
	D70 %3 Ser.	Kontrol	1,89	0,36	1,43	2,51	4,51	1,03	3,10	6,10
		240 saat	2,31	0,29	1,64	2,61	2,92	0,68	2,03	3,80
	D70 %5 Ser.	Kontrol	1,38	0,27	1,11	2,02	3,78	0,69	3,00	5,30
		240 saat	2,11	0,19	1,77	2,40	3,28	0,75	2,12	4,50
	D99 Kontrol	Kontrol	2,97	0,49	2,12	3,60	7,47	1,22	5,10	8,90
		240 saat	3,44	0,53	2,57	4,56	6,03	1,02	4,60	7,60
	D99 %1 ZnO	Kontrol	1,90	0,23	1,65	2,34	4,00	1,20	2,46	5,70
		240 saat	2,08	0,36	1,54	2,73	2,90	0,63	1,67	3,90

Tablo 5.15'in devamı

212 °C	D99 %3 ZnO	Kontrol	1,59	0,12	1,40	1,81	4,00	0,60	3,10	5,00
		240 saat	2,50	0,33	2,07	2,93	3,36	0,56	2,50	4,40
	D99 %5 ZnO	Kontrol	1,43	0,13	1,25	1,70	2,61	0,42	1,76	3,19
		240 saat	1,25	0,15	1,10	1,57	3,28	0,81	2,13	4,90
	D99 %1 Ser.	Kontrol	1,63	0,30	1,00	2,06	6,19	1,41	3,70	8,90
		240 saat	2,54	0,47	1,86	3,62	4,04	0,78	3,00	5,80
	D99 %3 Ser.	Kontrol	1,60	0,18	1,36	1,88	3,27	1,18	2,10	5,20
		240 saat	1,60	0,18	1,44	1,97	2,96	0,64	2,00	3,80
	D99 %5 Ser.	Kontrol	3,91	0,59	3,28	5,08	7,32	1,58	5,70	10,90
		240 saat	4,29	0,56	3,36	5,27	11,82	2,30	8,80	14,90

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, **: Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Vernik katmanı ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra^*) değerleri, ağaç 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 Tablo 5.16'da verilmiştir.

Tablo 5.16 Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra^*) değeri varyans analizi sonuçları

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	5505,405	5505,405	1334,503	0,000*
Isıl İşlem (B)	2	454,924	227,462	55,136	0,000*
Vernik Çeşidi (C)	13	2751,313	211,639	51,301	0,000*
Yaşlandırma Periyodu(D)	1	58,110	58,110	14,086	0,000*
Etkileşim (AB)	2	212,049	106,025	25,700	0,000*
Etkileşim (AC)	13	593,160	45,628	11,060	0,000*
Etkileşim (AD)	1	14,805	14,805	3,589	0,058 **
Etkileşim (BC)	26	474,038	18,232	4,419	0,000*
Etkileşim (BD)	2	27,599	13,800	3,345	0,036*
Etkileşim (CD)	13	182,991	14,076	3,412	0,000*
Etkileşim (ABC)	26	399,269	15,357	3,722	0,000*
Etkileşim (ABD)	2	36,790	18,395	4,459	0,012*
Etkileşim (ACD)	13	222,684	17,130	4,152	0,000*
Etkileşim (BCD)	26	211,964	8,152	1,976	0,002*
Etkileşim (ABCD)	26	175,248	6,740	1,634	0,023*
Hata	1512	6237,655	4,125		
Toplam	1680	41950,311			

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

Tablo 5.18'e göre; ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri, ağaç türü -yaşlandırma etkileşimi (AD) haricinde anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Daha sonra LSD kritik değer kullanılarak

ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.17’de verilmiştir.

Tablo 5.17. Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{x}$	HG	LSD±
Ağaç Türü (A)	Çam	2,00	B	0,1942
	Dişbudak	5,62	A*	
Isıl İşlem (B)	Kontrol	3,09	B	0,2378
	190 °C	4,29	A*	
	212 °C	4,06	A*	
Vernik Çeşidi (C)	D70 Kontrol	4,02	D	0,5138
	D70 %1 ZnO	3,93	D	
	D70 %3 ZnO	5,44	B	
	D70 %5 ZnO	6,24	A*	
	D70 %1 Ser.	3,74	DE	
	D70 %3 Ser.	3,16	F	
	D70 %5 Ser.	3,00	F	
	D99 Kontrol	4,53	C	
	D99 %1 ZnO	2,38	G	
	D99 %3 ZnO	3,07	F	
	D99 %5 ZnO	2,19	G	
	D99 %1 Ser.	3,28	EF	
	D99 %3 Ser.	2,33	G	
	D99 %5 Ser.	6,04	A*	
Yaşlandırma Periyodu (D)	Kontrol	3,62	B	0,1942
	240 Saat	4,00	A*	

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek pürüzlülük (Ra*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.17’ye göre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri; ağaç türü düzeyinde en yüksek dişbudakta tespit edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde en yüksek 190 °C ve 212 °C ısıt işlem gruplarında, en düşük kontrol grubunda tespit edilmiştir. Vernik çeşidinde en yüksek yüzeylere %5 ZnO modifiyeli D70 ve %5 seramik kürecik modifiyeli D99 uygulanan verniklerde, en düşük yüzeylere %1 ZnO, %5 ZnO ve %3 seramik kürecik modifiyeli D99 uygulanan verniklerde tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodunda en yüksek 240 saatlik UV yaşlandırmaya maruz kalan örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem (AB) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.18’de verilmiştir.

Tablo 5.18 Ağaç türü - ısıt işleme etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AB	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	1,58	E	1,98	E	2,44	D
Dişbudak	4,59	C	6,59	A*	5,68	B
LSD± 0,3364						

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

Tablo 5.18'e göre ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra*); en yüksek 190 °C ısıt işleme uygulanan dişbudakta, en düşük ısıt işleme uygulanmayan (kontrol) ve 190 °C ısıt işleme uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.19'da verilmiştir.

Tablo 5.19 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AC	Çam		Dişbudak	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	2,23	EF	5,81	B
D70 %1 ZnO	1,35	FG	6,51	B
D70 %3 ZnO	2,65	DE	8,24	A*
D70 %5 ZnO	3,56	D	8,92	A*
D70 %1 Ser.	1,69	FG	5,78	B
D70 %3 Ser.	1,72	FG	4,60	C
D70 %5 Ser.	1,43	FG	4,57	C
D99 Kontrol	2,84	DE	6,22	B
D99 %1 ZnO	1,48	FG	3,27	D
D99 %3 ZnO	1,68	FG	4,47	C
D99 %5 ZnO	1,01	G	3,37	D
D99 %1 Ser.	1,70	FG	4,86	C
D99 %3 Ser.	1,14	G	3,51	D
D99 %5 Ser.	3,52	D	8,57	A*
LSD± 0,7266				

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **C**: Vernik Çeşidi, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek pürüzlülük (Ra*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.19'a göre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri; en yüksek yüzeylerine %3 ZnO ve %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernikleri ile %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan dişbudakta, en düşük yüzeylerine %5 ZnO ve

%3 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernikleri uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.20’de verilmiştir.

Tablo 5.20 Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör BC	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	2,99	J-O	4,46	E-J	4,60	E-I
D70 %1 ZnO	2,64	K-O	4,21	F-K	4,94	D-H
D70 %3 ZnO	4,19	F-K	5,80	CDE	6,33	BCD
D70 %5 ZnO	5,62	C-F	7,79	A*	5,32	D-G
D70 %1 Ser.	2,83	K-O	3,77	H-L	4,61	E-I
D70 %3 Ser.	2,75	K-O	3,82	G-L	2,91	J-O
D70 %5 Ser.	3,15	I-O	3,21	I-O	2,64	K-O
D99 Kontrol	3,73	H-M	4,89	D-H	4,98	D-H
D99 %1 ZnO	1,98	O	2,43	L-O	2,72	K-O
D99 %3 ZnO	2,60	L-O	3,77	H-L	2,86	K-O
D99 %5 ZnO	2,10	NO	2,33	L-O	2,14	MNO
D99 %1 Ser.	2,72	K-O	3,52	H-O	3,60	H-N
D99 %3 Ser.	2,11	NO	2,51	L-O	2,36	L-O
D99 %5 Ser.	3,80	G-L	7,49	AB	6,84	ABC
LSD± 0,8899						

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek pürüzlülük (Ra*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.20’ye göre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri; en yüksek 190 °C’de ısıl işlem uygulanan ve yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan örneklerde, en düşük ısıl işlem uygulanmayan (kontrol) ve yüzeylerine %1 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.21’de verilmiştir.

Tablo 5.21 Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	2,77	C	3,40	B
190 °C	4,05	A*	4,52	A*
212 °C	4,05	A*	4,07	A*
LSD± 0,3364				

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

Tablo 5.21'e göre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri; en yüksek 190 °C ve 212 °C'de ısıtıl işlem uygulanan ve hem yaşlandırılmayan (kontrol) hem de 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, en düşük ısıtıl işlem uygulanmayan ve yaşlandırılmayan örneklerde tespit edilmiştir.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.22'de verilmiştir.

Tablo 5.22 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	4,19	E-H	3,84	F-J
D70 %1 ZnO	3,43	G-M	4,43	E-H
D70 %3 ZnO	5,22	CDE	5,66	BCD
D70 %5 ZnO	5,96	ABC	6,52	AB
D70 %1 Ser.	3,45	G-M	4,02	E-I
D70 %3 Ser.	3,61	G-K	2,71	J-M
D70 %5 Ser.	2,84	I-M	3,16	H-M
D99 Kontrol	4,41	E-H	4,65	D-G
D99 %1 ZnO	2,39	KLM	2,36	KLM
D99 %3 ZnO	2,67	J-M	3,48	G-L
D99 %5 ZnO	2,22	LM	2,16	M
D99 %1 Ser.	3,16	H-M	3,40	G-M
D99 %3 Ser.	2,17	M	2,48	KLM
D99 %5 Ser.	5,00	C-F	7,08	A*
LSD± 0,7266				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **C**: Vernik Çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek pürüzlülük (Ra*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.22'ye göre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri; en yüksek yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV

yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, en düşük yüzeylerine %3 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örnekler ile yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi (ABC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.23'te verilmiştir.

Tablo 5.23 Ağaç türü - ısıt işlem- vernik çeşidi faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABC	Çam						Dişbudak					
	Kontrol		190 °C		212 °C		Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	1,89	a-j	2,09	V-j	2,69	U-h	4,08	L-U	6,83	DEF	6,50	F-I
D70 %1 ZnO	0,89	ij	1,33	e-j	1,84	b-j	4,40	K-T	7,09	DEF	8,05	CDE
D70 %3 ZnO	2,01	Z-j	2,79	T-g	3,15	R-d	6,38	F-I	8,82	BC	9,52	B
D70 %5 ZnO	2,98	S-e	3,63	N-Z	4,08	L-U	8,26	BCD	11,95	A*	6,55	E-H
D70 %1 Ser.	1,15	g-j	1,70	d-j	2,22	V-j	4,50	J-S	5,85	F-K	7,00	DEF
D70 %3 Ser.	1,41	e-j	1,66	d-j	2,10	V-j	4,09	L-U	5,99	F-J	3,72	M-V
D70 %5 Ser.	1,18	g-j	1,36	e-j	1,74	c-j	5,11	H-N	5,07	H-O	3,53	N-a
D99 Kontrol	2,52	U-ı	2,81	T-g	3,20	R-d	4,95	I-P	6,96	DEF	6,75	D-G
D99 %1 ZnO	1,18	g-j	1,28	f-j	1,99	Z-j	2,78	T-g	3,59	N-Z	3,45	O-b
D99 %3 ZnO	1,10	hij	1,89	a-j	2,05	Y-j	4,09	L-U	5,65	F-L	3,68	M-Y
D99 %5 ZnO	0,76	j	0,92	ij	1,34	e-j	3,43	O-b	3,74	M-V	2,94	S-f
D99 %1 Ser.	1,25	g-j	1,76	c-j	2,09	V-j	4,18	L-U	5,27	G-M	5,12	H-N
D99 %3 Ser.	0,85	ij	0,97	ij	1,60	d-j	3,37	P-c	4,05	L-U	3,11	R-d
D99 %5 Ser.	2,96	S-e	3,49	N-b	4,10	L-U	4,65	J-R	11,48	A*	9,57	B
LSD± 1,2586												

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç Türü, B: Isıt İşlem, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek En yüksek pürüzlülük (Ra*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.23'e göre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri; en yüksek 190 °C'de ısıt işlem uygulanan ve yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik ile %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan dişbudakta, en düşük ısıt işlem uygulanmayan ve yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.24'te verilmiştir.

Tablo 5.24 Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu			
		Kontrol		240 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	Kontrol	1,47	G	1,69	FG
	190 °C	1,93	EFG	2,02	EFG
	212 °C	2,32	EF	2,57	E
Dişbudak	Kontrol	4,07	D	5,11	C
	190 °C	6,17	B	7,01	A*
	212 °C	5,78	B	5,57	BC
LSD± 0,4757					

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

Tablo 5.24'e göre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri; en yüksek 190 °C'de ısıt işlem uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük ısıt işlem uygulanmayan (kontrol) ve yaşlandırılmayan (kontrol) çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.25'te verilmiştir.

Tablo 5.25 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ACD	Çam				Dişbudak			
	Kontrol		240 Saat		Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	2,07	R-Z	2,38	O-Z	6,31	D	5,31	DEF
D70 %1 ZnO	1,45	U-Z	1,25	VYZ	5,42	J-P	7,60	K-T
D70 %3 ZnO	2,76	L-U	2,54	M-V	7,69	G-L	8,79	E-I
D70 %5 ZnO	3,50	I-O	3,63	H-O	8,43	J-R	9,41	K-R
D70 %1 Ser.	1,52	U-Z	1,87	T-Z	5,39	E-I	6,17	E-H
D70 %3 Ser.	1,91	S-Z	1,53	U-Z	5,31	K-T	3,88	H-N
D70 %5 Ser.	1,28	VYZ	1,58	U-Z	4,41	D	4,73	A*
D99 Kontrol	2,45	N-Y	3,24	K-S	6,38	D	6,07	D-G
D99 %1 ZnO	1,33	VYZ	1,63	U-Z	3,45	D-G	3,09	C
D99 %3 ZnO	1,25	VYZ	2,11	P-Z	4,09	C	4,85	BC
D99 %5 ZnO	1,03	VY	0,99	Z	3,41	BC	3,34	B
D99 %1 Ser.	1,48	U-Z	1,92	S-Z	4,84	D-G	4,87	DE
D99 %3 Ser.	1,14	VYZ	1,14	VYZ	3,20	D-G	3,82	H-M
D99 %5 Ser.	3,55	H-O	3,49	I-O	6,46	G-K	10,67	F-J
LSD± 1,0276								

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek pürüzlülük (Ra*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.25'e göre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri; en yüksek yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.26'da verilmiştir.

Tablo 5.26 Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (BCD)		Kontrol		190 °C		212 °C	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	Kontrol	2,90	N-c	4,40	F-Z	5,27	D-N
	240 saat	3,07	M-c	4,53	E-Y	3,93	E-U
D70 %1 ZnO	Kontrol	1,78	c	3,76	H-c	4,76	abc
	240 saat	3,50	I-c	4,66	E-V	5,12	Y-c
D70 %3 ZnO	Kontrol	3,46	I-c	5,54	D-K	6,67	D-J
	240 saat	4,92	E-R	6,07	C-G	5,99	ABC
D70 %5 ZnO	Kontrol	4,72	E-U	8,24	AB	4,94	O-c
	240 saat	6,51	B-F	7,34	BCD	5,70	N-c
D70 %1 Ser.	Kontrol	2,67	P-c	3,37	J-c	4,33	U-c
	240 saat	2,99	M-c	4,18	G-b	4,89	Y-c
D70 %3 Ser.	Kontrol	3,46	I-c	4,18	G-b	3,20	M-c
	240 saat	2,05	Z-c	3,46	I-c	2,62	T-c
D70 %5 Ser.	Kontrol	2,87	N-c	3,08	M-c	2,58	G-c
	240 saat	3,42	I-c	3,35	J-c	2,69	K-c
D99 Kontrol	Kontrol	3,18	L-c	4,83	E-T	5,22	D-M
	240 saat	4,29	F-a	4,94	E-P	4,74	G-c
D99 %1 ZnO	Kontrol	1,92	bc	2,32	V_c	2,95	E-P
	240 saat	2,04	Z-c	2,55	S-c	2,49	D-I
D99 %3 ZnO	Kontrol	2,08	Z-c	3,13	M-c	2,79	R-c
	240 saat	3,11	M-c	4,40	F-Z	2,93	P-c
D99 %5 ZnO	Kontrol	1,72	c	2,91	N-c	2,02	B-E
	240 saat	2,47	U-c	1,75	c	2,26	D-H
D99 %1 Ser.	Kontrol	2,49	T-c	3,07	M-c	3,91	L-c
	240 saat	2,94	N-c	3,96	G-c	3,29	P-c
D99 %3 Ser.	Kontrol	1,63	c	2,44	U-c	2,43	E-U
	240 saat	2,59	P-c	2,58	R-c	2,28	E-O
D99 %5 Ser.	Kontrol	3,90	G-c	5,50	D-L	5,62	F-a
	240 saat	3,71	H-c	9,48	A*	8,06	E-S
LSD± 1,2586							

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek pürüzlülük (Ra*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.26'ya göre ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a^*) değeri; en yüksek 190 °C'de ısıtıl işlem uygulanan, yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, en düşük 190 °C'de ısıtıl işlem uygulanan, yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örnekler ile ısıtıl işlem uygulanmayan, yüzeylerine %1 ZnO ve %5 ZnO ile modifiye edilen D70 ve %3 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernikleri uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.27'de verilmiştir.

Tablo 5.27 Ağaç türü - Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (ABCD)			Isıl İşlem					
			Kontrol		190 °C		212 °C	
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	D70 Kontrol	Kontrol	1,56	v-14a	1,95	r-14a	2,71	h-14a
		240 saat	2,21	n-14a	2,24	n-14a	2,68	h-14a
	D70 %1 ZnO	Kontrol	0,85	12a-14a	1,31	2a-14a	2,19	o-14a
		240 saat	0,93	9a-14a	1,36	2a-14a	1,48	z-14a
	D70 %3 ZnO	Kontrol	1,93	s-14a	3,01	e-14a	3,33	b-7a
		240 saat	2,08	p-14a	2,56	j-14a	2,97	e-14a
	D70 %5 ZnO	Kontrol	2,73	g-14a	3,90	Y-y	3,87	Z-y
		240 saat	3,23	c-11a	3,35	b-6a	4,30	T-s
	D70 %1 Ser.	Kontrol	1,04	6a-14a	1,48	z-14a	2,03	p-14a
		240 saat	1,27	3a-14a	1,91	t-14a	2,42	l-14a
	D70 %3 Ser.	Kontrol	1,85	u-14a	2,00	r-14a	1,89	t-14a
		240 saat	0,97	7a-14a	1,31	2a-14a	2,31	m-14a
	D70 %5 Ser.	Kontrol	0,90	10a-14a	1,56	y-14a	1,38	2a-14a
		240 saat	1,47	1a-14a	1,16	5a-14a	2,11	p-14a
	D99 Kontrol	Kontrol	1,98	r-14a	2,39	l-14a	2,97	e-14a
		240 saat	3,05	d-14a	3,24	c-11a	3,44	b-5a
	D99%1 ZnO	Kontrol	1,02	6a-14a	1,09	5a-14a	1,90	t-14a
		240 saat	1,35	2a-14a	1,47	1a-14a	2,08	p-14a
	D99%3 ZnO	Kontrol	0,94	8a-14a	1,21	4a-14a	1,59	v-14a
		240 saat	1,27	3a-14a	2,57	j-14a	2,50	j-14a
	D99%5 ZnO	Kontrol	0,68	14a**	0,97	7a-14a	1,43	1a-14a
		240 saat	0,85	12a-14a	0,87	11a-14a	1,25	4a-14a
	D99%1 Ser.	Kontrol	1,31	2a-14a	1,50	z-14a	1,63	v-14a
		240 saat	1,19	4a-14a	2,02	p-14a	2,54	j-14a
	D99%3 Ser.	Kontrol	0,78	13a-14a	1,04	6a-14a	1,60	v-14a
		240 saat	0,91	9a-14a	0,91	9a-14a	1,60	v-14a

Tablo 5.27'nin devamı

Çam	D99%5 Ser.	Kontrol	3,06	d-14a	3,67	a-2a	3,91	Y-y
		240 saat	2,86	f-14a	3,31	b-8a	4,29	T-s
Dişbudak	D70 Kontrol	Kontrol	4,24	T-t	6,84	H-P	7,84	F-J
		240 saat	3,93	V-v	6,82	H-P	5,17	M-f
	D70 %1 ZnO	Kontrol	2,72	g-14a	6,21	I-Y	7,32	G-N
		240 saat	6,08	I-Z	7,96	E-I	8,77	E-H
	D70 %3 ZnO	Kontrol	4,99	O-h	8,07	E-I	10,01	CDE
		240 saat	7,77	F-K	9,58	DEF	9,02	EFG
	D70 %5 ZnO	Kontrol	6,71	H-R	12,57	B	6,00	I-Z
		240 saat	9,80	DEF	11,33	BCD	7,11	G-O
	D70 %1 Ser.	Kontrol	4,30	T-r	5,25	L-e	6,62	H-S
		240 saat	4,70	P-l	6,44	I-T	7,37	G-M
	D70 %3 Ser.	Kontrol	5,07	N-g	6,36	I-U	4,51	R-o
		240 saat	3,12	d-13a	5,61	J-b	2,92	e-14a
	D70 %5 Ser.	Kontrol	4,85	O-j	4,60	P-m	3,78	Z-1a
		240 saat	5,37	L-d	5,54	K-c	3,28	c-9a
	D99 Kontrol	Kontrol	4,38	S-p	7,28	G-N	7,47	G-L
		240 saat	5,53	K-c	6,64	H-S	6,03	I-Z
	D99%1 ZnO	Kontrol	2,82	f-14a	3,55	b-4a	4,00	V-u
		240 saat	2,74	g-14a	3,63	a-3a	2,90	f-14a
	D99%3 ZnO	Kontrol	3,22	c-12a	5,06	N-g	4,00	V-u
		240 saat	4,96	O-ı	6,23	I-V	3,36	b-6a
	D99%5 ZnO	Kontrol	2,76	g-14a	4,84	O-k	2,61	ı-14a
		240 saat	4,10	U-u	2,64	ı-14a	3,28	c-9a
	D99%1 Ser.	Kontrol	3,68	a-2a	4,64	P-m	6,19	I-Y
		240 saat	4,68	P-l	5,90	I-a	4,04	V-u
	D99%3 Ser.	Kontrol	2,49	k-14a	3,84	Z-z	3,27	c-10a
		240 saat	4,26	T-t	4,25	T-t	2,96	e-14a
	D99%5 Ser.	Kontrol	4,74	P-l	7,32	G-N	7,32	G-N
		240 saat	4,56	P-n	15,64	A*	11,82	BC
LSD± 1,7799								

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *: En yüksek pürüzlülük (Ra*) değerini, **: En düşük sertlik değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.27'ye göre ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra*) değeri; en yüksek 190 °C'de ısıl işlem uygulanan, yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük ısıl işlem uygulanmayan, yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) çamda tespit edilmiştir.

5.5.2 On Nokta Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Rz*) Değerlerine Ait Bulgular

Isıl işlem uygulanmış çam ve dişbudak odunlarının yüzeylerine nanoparçacıklar ile modifiye edildikten sonra uygulanan su bazlı verniklerin, UV yaşlandırma etkisi sonrası vernik katmanını on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değerlerine ilişkin veriler Tablo 5.28’de verilmiştir.

Tablo 5.28 On Nokta Ortalama Yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değerlerine ait veriler

Faktör (ABCD)			Yüzey Pürüzlülüğü (Rz*) Değerleri							
			Ağaç Türü (A)							
			Çam				Dişbudak			
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	$\bar{X}$	Ss	Xmin	Xmax	$\bar{X}$	Ss	Xmin	Xmax
** Kontrol	D70 Kontrol	Kontrol	8,18	0,94	7,16	10,21	24,56	5,00	18,10	33,30
		240 saat	10,41	2,32	7,90	14,80	22,98	6,34	14,50	32,90
	D70 %1 ZnO	Kontrol	5,43	0,72	4,36	6,89	18,10	3,77	11,51	25,80
		240 saat	5,50	1,05	3,97	7,38	43,12	13,58	27,26	67,00
	D70 %3 ZnO	Kontrol	15,51	1,82	13,03	18,20	32,52	5,25	25,14	40,80
		240 saat	16,69	2,74	13,47	21,12	46,24	12,56	33,40	77,30
	D70 %5 ZnO	Kontrol	17,74	1,69	15,46	21,50	37,60	8,52	21,32	51,60
		240 saat	21,73	2,96	18,10	26,79	60,10	10,33	42,50	77,70
	D70 %1 Ser.	Kontrol	7,53	3,02	4,21	14,48	28,08	11,57	15,18	54,30
		240 saat	6,41	1,28	4,73	8,35	29,41	11,13	15,11	43,90
	D70 %3 Ser.	Kontrol	11,13	2,68	6,36	14,86	33,71	7,48	15,30	40,20
		240 saat	5,32	0,83	3,80	6,41	20,79	5,90	11,75	32,10
	D70 %5 Ser.	Kontrol	4,60	1,42	0,77	6,09	38,11	6,57	28,90	48,10
		240 saat	8,09	2,78	5,17	14,50	31,17	7,18	18,97	42,90
	D99 Kontrol	Kontrol	11,53	2,21	7,03	14,36	24,70	7,67	15,23	41,40
		240 saat	16,31	2,91	12,22	22,30	27,79	6,21	21,99	41,80
	D99 %1 ZnO	Kontrol	7,09	1,25	5,29	9,50	19,86	4,70	10,48	28,60
		240 saat	13,38	3,85	9,36	21,56	15,56	3,56	12,20	21,60
	D99 %3 ZnO	Kontrol	8,29	2,68	4,34	10,52	19,75	6,32	12,66	30,90
		240 saat	9,91	1,78	8,20	12,34	27,51	2,02	25,00	31,80
	D99 %5 ZnO	Kontrol	6,15	2,42	3,88	11,49	21,49	7,89	12,82	37,30
		240 saat	5,17	1,71	3,39	8,88	22,05	3,01	14,55	25,04
	D99 %1 Ser.	Kontrol	11,59	4,91	7,33	21,94	24,59	7,88	15,00	42,70
		240 saat	9,26	1,92	5,28	11,17	28,25	7,52	20,69	42,90
	D99 %3 Ser.	Kontrol	5,61	1,39	4,39	8,98	16,02	5,52	8,96	28,40
		240 saat	6,42	1,33	4,80	9,11	25,02	10,87	14,21	50,10
	D99 %5 Ser.	Kontrol	15,31	2,75	11,32	20,09	25,40	9,28	14,36	44,30
		240 saat	16,06	3,32	11,93	23,42	24,97	2,33	20,60	28,00

Toablo 5.28'in devamı

190 °C	D70 Kontrol	Kontrol	9,99	1,66	6,77	12,55	46,66	10,33	31,90	64,30
		240 saat	11,22	1,57	8,95	14,10	43,83	5,00	34,30	51,40
	D70 %1 ZnO	Kontrol	7,32	1,50	5,10	9,84	40,84	9,41	29,50	61,00
		240 saat	7,85	1,24	6,68	10,71	57,70	13,16	41,30	76,80
	D70 %3 ZnO	Kontrol	37,42	59,99	14,08	208,00	44,02	6,90	30,60	54,30
		240 saat	15,13	1,61	12,88	17,64	64,42	14,74	36,00	85,20
	D70 %5 ZnO	Kontrol	20,41	3,16	16,66	28,02	85,02	17,57	48,60	107,50
		240 saat	19,10	2,44	15,28	23,22	79,26	21,89	47,00	115,10
	D70 %1 Ser.	Kontrol	7,99	2,25	5,62	13,46	33,83	12,65	20,34	65,20
		240 saat	9,35	1,84	7,75	13,05	42,69	12,14	22,20	54,70
	D70 %3 Ser.	Kontrol	10,07	3,97	5,47	16,96	43,91	10,22	32,50	63,30
		240 saat	7,16	1,75	5,26	9,39	40,12	10,48	29,60	64,00
	D70 %5 Ser.	Kontrol	7,49	0,50	6,52	8,03	32,98	9,42	18,40	44,60
		240 saat	6,62	1,36	4,85	9,24	41,29	7,18	30,20	52,30
	D99 Kontrol	Kontrol	15,32	2,14	11,81	18,18	39,17	12,88	27,20	70,60
		240 saat	17,32	1,99	14,16	19,89	35,04	3,68	25,80	39,30
	D99 %1 ZnO	Kontrol	8,32	2,77	5,40	14,54	26,77	4,98	17,64	33,80
		240 saat	15,76	4,28	9,49	22,39	24,35	3,90	19,19	29,80
	D99 %3 ZnO	Kontrol	10,13	2,20	6,98	13,84	29,00	7,39	14,70	41,50
		240 saat	15,25	2,57	11,72	19,40	37,30	7,14	28,00	45,40
	D99 %5 ZnO	Kontrol	7,27	1,96	5,16	11,56	29,29	10,88	12,91	51,40
		240 saat	5,46	1,10	4,26	7,67	20,93	4,96	15,55	30,60
	D99 %1 Ser.	Kontrol	14,36	3,99	8,86	20,35	29,04	7,43	21,60	47,00
		240 saat	13,53	3,16	9,36	18,54	37,36	9,56	27,00	61,70
	D99 %3 Ser.	Kontrol	6,76	2,14	4,10	11,10	24,78	7,74	14,62	37,90
		240 saat	6,61	1,37	4,67	9,77	29,30	6,49	18,90	40,70
	D99 %5 Ser.	Kontrol	18,31	2,26	13,78	21,30	39,17	11,39	21,40	54,30
		240 saat	18,31	2,40	14,93	21,94	43,45	15,12	8,45	70,00
212 °C	D70 Kontrol	Kontrol	13,71	1,61	12,00	17,70	47,26	14,77	19,60	67,20
		240 saat	13,43	2,31	9,49	16,86	32,52	7,85	14,40	43,60
	D70 %1 ZnO	Kontrol	11,77	2,79	8,86	17,63	47,49	10,83	33,50	65,00
		240 saat	7,88	0,75	6,66	9,12	51,91	6,21	43,40	62,80
	D70 %3 ZnO	Kontrol	20,08	1,49	17,88	21,77	56,60	17,79	31,60	94,00
		240 saat	17,48	2,45	15,25	23,20	62,87	15,96	37,60	84,00
	D70 %5 ZnO	Kontrol	20,67	2,20	18,10	23,70	39,14	12,93	25,00	58,40
		240 saat	23,44	2,64	20,22	27,87	41,15	5,12	32,52	48,20
	D70 %1 Ser.	Kontrol	9,28	2,03	6,70	12,65	35,61	10,92	23,90	62,10
		240 saat	10,63	0,76	9,37	11,69	43,18	10,98	29,20	65,80
	D70 %3 Ser.	Kontrol	9,63	1,58	7,04	11,67	31,88	7,08	21,18	42,70
		240 saat	9,96	0,85	8,01	10,95	18,95	8,18	10,60	36,70
	D70 %5 Ser.	Kontrol	7,93	1,78	6,47	12,58	24,66	5,35	13,30	32,60
		240 saat	10,47	1,65	8,72	14,35	23,56	7,11	16,43	40,50

Tablo 5.28'in devamı

212 °C	D99 Kontrol	Kontrol	15,71	1,81	13,02	18,36	37,72	7,89	23,90	48,90
		240 saat	17,64	2,74	12,17	22,30	33,92	7,65	23,00	49,20
	D99 %1 ZnO	Kontrol	10,22	2,47	7,80	16,55	23,62	5,72	14,42	30,50
		240 saat	16,69	5,82	10,41	30,90	22,37	5,48	14,22	30,10
	D99 %3 ZnO	Kontrol	11,26	1,97	8,51	15,52	24,47	4,04	18,26	29,60
		240 saat	14,16	1,67	11,19	16,05	20,88	3,34	13,80	26,50
	D99 %5 ZnO	Kontrol	10,15	2,02	7,27	14,76	17,07	3,34	10,19	21,63
		240 saat	7,53	2,15	5,34	12,69	24,34	5,27	16,12	34,70
	D99 %1 Ser.	Kontrol	12,80	2,85	8,26	16,99	37,20	9,39	25,10	56,00
		240 saat	15,39	2,77	10,49	20,36	27,12	5,28	22,50	39,20
	D99 %3 Ser.	Kontrol	9,69	1,51	7,12	11,68	23,24	8,39	13,90	34,50
		240 saat	11,10	2,07	9,27	15,90	20,13	4,26	12,64	26,00
	D99 %5 Ser.	Kontrol	19,02	2,63	15,63	22,99	39,76	7,18	31,00	57,50
		240 saat	21,11	2,72	17,30	24,80	64,90	11,62	47,90	83,30

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, **: Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Vernik katmanı on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değerleri, ağaç türü, ısıtma işlem periyodu, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Tablo 5.29'da verilmiştir.

Tablo 5.29 On Nokta Ortalama Yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değeri varyans analizi sonuçları

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	212515,439	212515,439	3188,104	0,000*
Isıl İşlem (B)	2	15983,687	7991,844	119,892	0,000*
Vernik Çeşidi (C)	13	78136,037	6010,464	90,167	0,000*
Yaşlandırma Periyodu (D)	1	1046,609	1046,609	15,701	0,000*
Etkileşim (AB)	2	7767,929	3883,965	58,266	0,000*
Etkileşim (AC)	13	24647,627	1895,971	28,443	0,000*
Etkileşim (AD)	1	567,277	567,277	8,510	0,004*
Etkileşim (BC)	26	15304,414	588,631	8,831	0,000*
Etkileşim (BD)	2	308,456	154,228	2,314	0,099**
Etkileşim (CD)	13	4517,094	347,469	5,213	0,000*
Etkileşim (ABC)	26	16288,111	626,466	9,398	0,000*
Etkileşim (ABD)	2	587,668	293,834	4,408	0,012*
Etkileşim (ACD)	13	7557,339	581,334	8,721	0,000*
Etkileşim (BCD)	26	5359,499	206,135	3,092	0,000*
Etkileşim (ABCD)	26	5462,742	210,105	3,152	0,000*
Hata	1512	100788,228	66,659		
Toplam	1680	1411239,310			

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

Tablo 5.29'a göre; ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri, ısıt işlem -yaşlandırma periyodu etkileşimi (BD) haricinde anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Daha sonra LSD kritik değer kullanılarak ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.30'da verilmiştir.

Tablo 5.30 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	LSD±
Ağaç Türü (A)	Çam	12,08	B	0,7807
	Dişbudak	34,58	A*	
Isıt İşlem (B)	Kontrol	19,21	C	0,9561
	190 °C	26,63	A*	
	210 °C	24,15	B	
Vernik Çeşidi (C)	D70 Kontrol	23,73	DE	2,0655
	D70 %1 ZnO	25,41	D	
	D70 %3 ZnO	35,75	B	
	D70 %5 ZnO	38,78	A*	
	D70 %1 Ser.	22,00	EF	
	D70 %3 Ser.	20,22	FGH	
	D70 %5 Ser.	19,75	GH	
	D99 Kontrol	24,35	D	
	D99 %1 ZnO	17,00	IJ	
	D99 %3 ZnO	18,99	HI	
	D99 %5 ZnO	14,74	K	
	D99 %1 Ser.	21,71	EFG	
	D99 %3 Ser.	15,39	JK	
	D99 %5 Ser.	28,81	C	
Yaşlandırma Periyodu (D)	Kontrol	22,54	B	0,7807
	240 Saat	24,12	A*	

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek pürüzlülük (R_z^*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.30'a göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değeri; ağaç türü düzeyinde en yüksek dişbudakta tespit edilmiştir. Isıt işlem düzeyinde en yüksek 190 °C'de ısıt işlem uygulanan grupta, en düşük kontrol grubunda tespit edilmiştir. Vernik çeşidinde en yüksek yüzeylere %5 ZnO ile modifiye edilen D70 uygulanan vernikte, en düşük yüzeylere %5 ZnO ile modifiye edilen D99 uygulanan vernikte tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodunda en yüksek 240 saatlik UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem (AB) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.31’de verilmiştir.

Tablo 5.31 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AB	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	10,23	E	12,49	D	13,53	D
Dişbudak	28,19	C	40,77	A*	34,77	B
LSD± 1,3522						

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

Tablo 5.31’e göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Rz*); en yüksek 190 °C’de ısıt işlem uygulanan dişbudakta, en düşük ısıt işlem uygulanmayan (kontrol) çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.32’de verilmiştir.

Tablo 5.32 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AC	Çam		Dişbudak	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	11,16	M-P	36,30	DE
D70 %1 ZnO	7,62	NOP	43,19	C
D70 %3 ZnO	20,38	IJ	51,11	B
D70 %5 ZnO	20,52	IJ	57,05	A*
D70 %1 Ser.	8,53	NOP	35,47	EF
D70 %3 Ser.	8,88	M-P	31,56	FG
D70 %5 Ser.	7,53	OP	31,96	FG
D99 Kontrol	15,64	KL	33,06	EFG
D99 %1 ZnO	11,91	LMN	22,09	IJ
D99 %3 ZnO	11,50	MNO	26,48	H
D99 %5 ZnO	6,95	P	22,53	I
D99 %1 Ser.	12,82	LM	30,59	G
D99 %3 Ser.	7,70	NOP	23,08	HI
D99 %5 Ser.	18,02	JK	39,61	CD
LSD± 2,9210				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek pürüzlülük (Rz*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.32’ye göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Rz*); en yüksek yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan dişbudakta, en düşük yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.33'te verilmiştir.

Tablo 5.33 Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	11,87	C	12,29	C
Dişbudak	33,21	B	35,95	A*
LSD± 1,1040				

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

Tablo 5.33'e göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Rz*); en yüksek 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük yaşlandırılmayan (kontrol) ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.34'te verilmiştir.

Tablo 5.34 Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör BC	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	16,53	L-P	27,93	D-H	26,73	D-I
D70 %1 ZnO	18,04	J-P	28,43	D-G	29,76	C-F
D70 %3 ZnO	27,74	D-H	40,25	B	39,26	B
D70 %5 ZnO	34,29	BCD	50,95	A*	31,10	CDE
D70 %1 Ser.	17,86	K-P	23,47	E-M	24,67	E-L
D70 %3 Ser.	17,74	K-P	25,32	E-K	17,61	K-P
D70 %5 Ser.	20,49	G-P	22,09	F-O	16,66	L-P
D99 Kontrol	20,08	H-P	26,71	D-I	26,25	E-J
D99 %1 ZnO	13,97	OP	18,80	I-P	18,22	J-P
D99 %3 ZnO	16,36	L-P	22,92	E-N	17,69	K-P
D99 %5 ZnO	13,71	OP	15,74	M-P	14,77	NOP
D99 %1 Ser.	18,42	J-P	23,57	E-M	23,13	E-N
D99 %3 Ser.	13,27	P	16,86	L-P	16,04	M-P
D99 %5 Ser.	20,44	G--P	29,81	C-F	36,20	BC
LSD± 3,5775						

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek pürüzlülük (Rz*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.34'e göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Rz*); en yüksek 190 °C'de ısıtıl işlem uygulanan ve yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik

uygulanan örneklerde, en düşük ısı işlem uygulanmayan (kontrol) ve yüzeylerine %3 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.35'te verilmiştir.

Tablo 5.35 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	25,06	EF	22,40	E-I
D70 %1 ZnO	21,83	F-J	28,99	CDE
D70 %3 ZnO	34,36	BC	37,14	AB
D70 %5 ZnO	36,76	AB	40,80	A*
D70 %1 Ser.	20,39	F-K	23,61	E-H
D70 %3 Ser.	23,39	E-H	17,05	H-K
D70 %5 Ser.	19,29	F-K	20,20	F-K
D99 Kontrol	24,02	EFG	24,67	EFG
D99 %1 ZnO	15,98	IJK	18,02	G-K
D99 %3 ZnO	17,15	H-K	20,83	F-K
D99 %5 ZnO	15,23	JK	14,25	K
D99 %1 Ser.	21,60	F-J	21,82	F-J
D99 %3 Ser.	14,35	K	16,43	IJK
D99 %5 Ser.	26,16	DEF	31,47	BCD
LSD± 2,9210				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, C: Vernik Çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek pürüzlülük (Rz*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.35'e göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Rz*); en yüksek yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 verniği uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, en düşük yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örnekler ile yüzeylerine %3 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi (ABC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.36'da verilmiştir.

Tablo 5.36 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABC	Çam						Dişbudak					
	Kontrol		190 °C		212 °C		Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	9,29	f-m	10,61	d-m	13,57	b-k	23,77	O-T	45,25	DE	39,89	EFG
D70 %1 ZnO	5,47	m	7,59	h-m	9,82	e-m	30,61	J-N	49,27	CD	49,70	CD
D70 %3 ZnO	16,10	V-f	26,28	M-R	18,78	S-c	39,38	E-H	54,22	BC	59,74	B
D70 %5 ZnO	19,73	R-b	19,76	R-b	22,06	O-Y	48,85	CD	82,14	A*	40,14	EFG
D70 %1 Ser.	6,97	j-m	8,67	h-m	9,95	d-m	28,75	K-O	38,26	F-I	39,40	E-H
D70 %3 Ser.	8,23	h-m	8,62	h-m	9,80	e-m	27,25	L-P	42,02	EF	25,41	N-S
D70 %5 Ser.	6,34	lm	7,05	i-m	9,20	g-m	34,64	G-K	37,14	F-I	24,11	N-T
D99 Kontrol	13,92	a-j	16,32	U-e	16,68	U-d	26,24	M-R	37,11	F-I	35,82	F-J
D99 %1 ZnO	10,24	d-m	12,04	c-m	13,45	b-k	17,71	T-c	25,56	N-S	22,99	O-U
D99 %3 ZnO	9,10	g-m	12,69	c-l	12,71	c-l	23,63	O-T	33,15	H-L	22,67	O-V
D99 %5 ZnO	5,66	m	6,37	lm	8,84	g-m	21,77	P-Y	25,11	N-S	20,70	P-Z
D99 %1 Ser.	10,43	d-m	13,95	a-i	14,10	Z-h	26,42	M-R	33,20	H-L	32,16	I-M
D99 %3 Ser.	6,01	lm	6,68	klm	10,39	d-m	20,52	P-a	27,04	L-P	21,68	P-Y
D99 %5 Ser.	15,69	Y-g	18,31	T-c	20,06	R-b	25,19	N-S	41,31	EF	52,33	C
LSD± 5,0594												

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç Türü, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik Çeşidi, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek En yüksek pürüzlülük (Rz*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.36'ya göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Rz*); en yüksek 190 °C'de ısıt işlem uygulanan ve yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan dişbudakta, en düşük ısıt işlem uygulanmayan ve yüzeylerine %1 ZnO ile modifiye edilen D70 ve %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernikleri uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.37'de verilmiştir.

Tablo 5.37 Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu			
		Kontrol		240 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	Kontrol	9,69	H	10,76	GH
	190 °C	12,94	FG	12,05	GH
	212 °C	12,99	FG	14,07	F
Dişbudak	Kontrol	26,03	E	30,35	D
	190 °C	38,89	B	42,65	A*
	212 °C	34,69	C	34,84	C
LSD± 1,9123					

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

Tablo 5.37’ye göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (R_z^*); en yüksek 190 °C’de ısıtıl işlem uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük ısıtıl işlem uygulanmayan (kontrol) ve yaşlandırılmayan (kontrol) çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.38’de verilmiştir.

Tablo 5.38 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_z^*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ACD	Çam				Dişbudak			
	Kontrol		240 Saat		Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	10,62	Z-e	11,69	Y-e	39,49	DE	33,11	F-I
D70 %1 ZnO	8,17	b-e	7,07	cde	35,48	E-H	50,91	C
D70 %3 ZnO	24,34	L-O	16,43	S-Z	44,38	D	57,84	AB
D70 %5 ZnO	19,61	N-U	21,42	M-S	53,92	BC	60,17	A*
D70 %1 Ser.	8,27	b-e	8,80	b-e	32,51	G-J	38,43	EF
D70 %3 Ser.	10,28	a-e	7,48	cde	36,50	EFG	26,62	J-M
D70 %5 Ser.	6,67	de	8,39	b-e	31,92	G-J	32,01	G-J
D99 Kontrol	14,18	U-b	17,09	R-Y	33,86	E-I	32,25	G-J
D99 %1 ZnO	8,54	b-e	15,28	T-a	23,42	L-P	20,76	M-T
D99 %3 ZnO	9,89	a-e	13,10	V-c	24,40	L-O	28,56	I-L
D99 %5 ZnO	7,85	cde	6,05	e	22,61	M-R	22,44	M-S
D99 %1 Ser.	12,92	V-d	12,73	V-d	30,28	H-K	30,91	G-J
D99 %3 Ser.	7,35	cde	8,04	b-e	21,35	M-S	24,82	K-N
D99 %5 Ser.	17,55	P-Y	18,49	O-V	34,78	E-H	44,44	D
LSD± 4,1309								

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek pürüzlülük (R_a^*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.38’e göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (R_z^*); en yüksek yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.39’da verilmiştir.

Tablo 5.39 Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (BCD)		Kontrol		190 °C		212 °C	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	Kontrol	16,37	O-a	28,32	F-P	30,48	D-L
	240 saat	16,69	O-a	27,53	G-R	22,98	H-a
D70 %1 ZnO	Kontrol	11,77	Za	24,08	H-Z	29,63	D-M
	240 saat	24,31	H-Y	32,78	C-H	29,89	D-M
D70 %3 ZnO	Kontrol	24,01	H-Z	40,72	BCD	38,34	B-G
	240 saat	31,46	D-J	39,78	B-F	40,17	B-E
D70 %5 ZnO	Kontrol	27,67	G-R	52,71	A*	29,91	D-M
	240 saat	40,91	BCD	49,18	AB	32,30	C-I
D70 %1 Ser.	Kontrol	17,81	M-a	20,91	H-a	22,44	H-a
	240 saat	17,91	M-a	26,02	H-U	26,91	G-S
D70 %3 Ser.	Kontrol	22,42	H-a	26,99	G-R	20,76	H-a
	240 saat	13,06	YZa	23,64	H-Z	14,46	S-a
D70 %5 Ser.	Kontrol	21,35	H-a	20,24	I-a	16,29	O-a
	240 saat	19,63	J-a	23,95	H-Z	17,02	N-a
D99 Kontrol	Kontrol	18,11	L-a	27,24	G-R	26,71	G-S
	240 saat	22,05	H-a	26,18	H-T	25,78	H-V
D99%1 ZnO	Kontrol	13,48	V-a	17,55	M-a	16,92	N-a
	240 saat	14,47	S-a	20,05	I-a	19,53	J-a
D99%3 ZnO	Kontrol	14,02	T-a	19,57	J-a	17,86	M-a
	240 saat	18,71	K-a	26,27	H-T	17,52	M-a
D99%5 ZnO	Kontrol	13,82	T-a	18,28	L-a	13,61	U-a
	240 saat	13,61	U-a	13,20	Y-a	15,94	P-a
D99%1 Ser.	Kontrol	18,09	L-a	21,70	H-a	25,00	H-Y
	240 saat	18,75	K-a	25,44	H-Y	21,26	H-a
D99%3 Ser.	Kontrol	10,82	a	15,77	R-a	16,46	O-a
	240 saat	15,72	R-a	17,96	M-a	15,61	R-a
D99%5 Ser.	Kontrol	20,35	I-a	28,74	E-O	29,39	D-N
	240 saat	20,52	H-a	30,88	D-K	43,01	ABC
LSD± 5,0594							

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek pürüzlülük (Rz*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.39'a göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Rz*); en yüksek 190 °C'de ısıtıl işlem uygulanan, yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde, en düşük ısıtıl işlem uygulanmayan, yüzeylerine %3 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.40'ta verilmiştir.

Tablo 5.40 Ağaç türü- Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü (Rz*) değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (ABCD)			Isıl İşlem					
			Kontrol		190 °C		212 °C	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	D70 Kontrol	Kontrol	8,18	8a-18a	9,99	4a-18a	13,71	t-18a
		240 saat	10,41	4a-18a	11,22	1a-18a	13,43	t-18a
	D70 %1 ZnO	Kontrol	5,43	17a18a	7,32	11a-18a	11,77	v-18a
		240 saat	5,50	17a18a	7,85	10a-18a	7,88	10a-18a
	D70 %3 ZnO	Kontrol	15,51	k-17a	37,42	H-O	20,08	a-1a
		240 saat	16,69	ı-11a	15,13	o-17a	17,48	ı-8a
	D70 %5 ZnO	Kontrol	17,74	h-6a	20,41	Z-1a	20,67	Z-z
		240 saat	21,73	Z-u	19,10	d-4a	23,44	U-r
	D70 %1 Ser.	Kontrol	7,53	11a-18a	7,99	9a-18a	9,28	6a-18a
		240 saat	6,41	15a-18a	9,35	6a-18a	10,63	2a-18a
	D70 %3 Ser.	Kontrol	11,13	1a-18a	10,07	4a-18a	9,63	5a-18a
		240 saat	5,32	17a18a	7,16	12a-18a	9,96	4a-18a
	D70 %5 Ser.	Kontrol	4,60	18a**	7,49	11a-18a	7,93	9a-18a
		240 saat	8,09	8a-18a	6,62	14a-18a	10,47	3a-18a
	D99 Kontrol	Kontrol	11,53	z-18a	15,32	m-17a	15,71	j-16a
		240 saat	16,31	ı-12a	17,32	ı-9a	17,64	h-7a
	D99 %1 ZnO	Kontrol	7,09	12a-18a	8,32	7a-18a	10,22	4a-18a
		240 saat	13,38	t-18a	15,76	j-15a	16,69	ı-11a
	D99 %3 ZnO	Kontrol	8,29	7a-18a	10,13	4a-18a	11,26	1a-18a
		240 saat	9,91	4a-18a	15,25	n-17a	14,16	s-17a
	D99 %5 ZnO	Kontrol	6,15	16a-18a	7,27	11a-18a	10,15	4a-18a
		240 saat	5,17	17a18a	5,46	17a18a	7,53	11a-18a
	D99 %1 Ser.	Kontrol	11,59	y-18a	14,36	p-17a	12,80	u-18a
		240 saat	9,26	6a-18a	13,53	t-18a	15,39	l-17a
	D99 %3 Ser.	Kontrol	5,61	17a18a	6,76	13a-18a	9,69	5a-18a
		240 saat	6,42	15a-18a	6,61	14a-18a	11,10	1a-18a
	D99 %5 Ser.	Kontrol	15,31	m-17a	18,31	f-6a	19,02	d-5a
		240 saat	16,06	ı-13a	18,31	f-6a	21,11	Z-u
Dişbudak	D70 Kontrol	Kontrol	24,56	T-n	46,66	EFG	47,26	EF
		240 saat	22,98	V-s	43,83	E-I	32,52	K-U
	D70 %1 ZnO	Kontrol	18,10	g-6a	40,84	F-L	47,49	EF
		240 saat	43,12	F-I	57,70	BCD	51,91	DE
	D70 %3 ZnO	Kontrol	32,52	K-U	44,02	E-I	56,60	CB
		240 saat	46,24	E-H	64,42	BC	62,87	BC
	D70 %5 ZnO	Kontrol	37,60	H-O	85,02	A*	39,14	F-M
		240 saat	60,10	BC	79,26	A*	41,15	F-K
	D70 %1 Ser.	Kontrol	28,08	P-e	33,83	J-R	35,61	I-P
		240 saat	29,41	N-Z	42,69	F-J	43,18	F-I
	D70 %3 Ser.	Kontrol	33,71	K-S	43,91	E-I	31,88	L-V
		240 saat	20,79	Z-z	40,12	F-M	18,95	e-5a

Tablo 5.40'ın devamı

Dişbudak	D70 %5 Ser.	Kontrol	38,11	G-N	32,98	K-T	24,66	T-m
		240 saat	31,17	M-Y	41,29	F-K	23,56	U-p
	D99 Kontrol	Kontrol	24,70	T-l	39,17	F-M	37,72	H-O
		240 saat	27,79	P-e	35,04	I-P	33,92	J-R
	D99 %1 ZnO	Kontrol	19,86	b-2a	26,77	P-h	23,62	U-p
		240 saat	15,56	k-17a	24,35	T-o	22,37	Y-t
	D99 %3 ZnO	Kontrol	19,75	c-3a	29,00	O-c	24,47	T-o
		240 saat	27,51	P-f	37,30	H-O	20,88	Z-y
	D99 %5 ZnO	Kontrol	21,49	Z-u	29,29	N-a	17,07	ı-10a
		240 saat	22,05	Y-u	20,93	Z-v	24,34	T-o
	D99 %1 Ser.	Kontrol	24,59	T-n	29,04	O-b	37,20	I-O
		240 saat	28,25	P-d	37,36	H-O	27,12	P-G
	D99 %3 Ser.	Kontrol	16,02	j-14a	24,78	S-K	23,24	V-r
		240 saat	25,02	R-j	29,30	N-a	20,13	a-1a
	D99 %5 Ser.	Kontrol	25,40	R-ı	39,17	F-M	39,76	F-M
		240 saat	24,97	R-j	43,45	F-I	64,90	B
LSD± 7,1550								

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **B**: Isıl işlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek pürüzlülük (R_z^*) değerini ******: En düşük sertlik değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.40'a göre on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (R_z^*); en yüksek 190 °C'de ısıtıl işlem uygulanan, yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan, hem yaşlandırılmayan (kontrol) ve hem de 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük ısıtıl işlem uygulanmayan (kontrol), yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) çamda ise en düşük tespit edilmiştir.

5.6 Vernik Katmanı Çizilme Direncine Ait Bulgular

Isıl işlem uygulanmış çam ve dişbudak odunlarının yüzeylerine nanoparçacıklar ile modifiye edildikten sonra uygulanan su bazlı verniklerin, UV yaşlandırma etkisi sonrası vernik katmanı çizilme direnci değerlerine ilişkin veriler Tablo 5.41'de verilmiştir.

Tablo 5.41 Çizilme direnci değerlerine ait veriler

Faktör (ABCD)			Çizilme Direnci Değerleri							
			Ağaç Türü (A)							
			Çam				Dişbudak			
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	$\bar{x}$	Ss	x_{min}	x_{max}	$\bar{x}$	Ss	x_{min}	x_{max}
** Kontrol	D70 Kontrol	Kontrol	0,7625	0,0518	0,7000	0,8000	0,6250	0,0463	0,6000	0,7000
		240 saat	0,8250	0,0463	0,8000	0,9000	0,6750	0,0463	0,6000	0,7000
	D70 %1 ZnO	Kontrol	0,7125	0,0354	0,7000	0,8000	0,7250	0,0463	0,7000	0,8000
		240 saat	0,8000	0,0000	0,8000	0,8000	0,7875	0,0641	0,7000	0,9000
	D70 %3 ZnO	Kontrol	0,6250	0,0463	0,6000	0,7000	0,5625	0,0518	0,5000	0,6000
		240 saat	0,6500	0,0535	0,6000	0,7000	0,6125	0,0354	0,6000	0,7000
	D70 %5 ZnO	Kontrol	0,7250	0,0463	0,7000	0,8000	0,5750	0,0463	0,5000	0,6000
		240 saat	0,7625	0,0518	0,7000	0,8000	0,6250	0,0463	0,6000	0,7000
	D70 %1 Ser.	Kontrol	0,7375	0,0518	0,7000	0,8000	0,6125	0,0354	0,6000	0,7000
		240 saat	0,8375	0,0518	0,8000	0,9000	0,6625	0,0518	0,6000	0,7000
	D70 %3 Ser.	Kontrol	0,6125	0,0354	0,6000	0,7000	0,7250	0,0463	0,7000	0,8000
		240 saat	0,6375	0,0518	0,6000	0,7000	0,7875	0,0641	0,7000	0,9000
	D70 %5 Ser.	Kontrol	0,6375	0,0518	0,6000	0,7000	0,6750	0,0463	0,6000	0,7000
		240 saat	0,6625	0,0518	0,6000	0,7000	0,7250	0,0463	0,7000	0,8000
	D99 Kontrol	Kontrol	0,8250	0,0463	0,8000	0,9000	0,7125	0,0835	0,6000	0,8000
		240 saat	0,9250	0,0463	0,9000	1,0000	0,7250	0,0463	0,7000	0,8000
	D99%1 ZnO	Kontrol	0,9500	0,0535	0,9000	1,0000	0,7375	0,0518	0,7000	0,8000
		240 saat	1,0938	0,1294	1,0000	1,2500	0,7750	0,0707	0,7000	0,9000
	D99%3 ZnO	Kontrol	0,9250	0,0707	0,8000	1,0000	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000
		240 saat	0,9875	0,0354	0,9000	1,0000	0,7875	0,0641	0,7000	0,9000
	D99%5 ZnO	Kontrol	0,8125	0,0354	0,8000	0,9000	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000
		240 saat	0,8625	0,0518	0,8000	0,9000	0,7625	0,0518	0,7000	0,8000
	D99%1 Ser.	Kontrol	0,8375	0,0916	0,7000	0,9000	0,8000	0,0000	0,8000	0,8000
		240 saat	0,8625	0,0518	0,8000	0,9000	0,8250	0,0463	0,8000	0,9000
	D99%3 Ser.	Kontrol	0,9375	0,0518	0,9000	1,0000	0,9000	0,0756	0,8000	1,0000
		240 saat	0,9875	0,0354	0,9000	1,0000	0,9250	0,0707	0,8000	1,0000
	D99%5 Ser.	Kontrol	1,1250	0,1336	1,0000	1,2500	1,2188	0,0884	1,0000	1,2500
		240 saat	1,3125	0,1768	1,0000	1,5000	1,3125	0,1157	1,2500	1,5000
190 °C	D70 Kontrol	Kontrol	0,8125	0,0641	0,7000	0,9000	0,5750	0,0463	0,5000	0,6000
		240 saat	0,9000	0,0000	0,9000	0,9000	0,6500	0,0535	0,6000	0,7000
	D70 %1 ZnO	Kontrol	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000	0,6250	0,0463	0,6000	0,7000
		240 saat	0,8375	0,0518	0,8000	0,9000	0,6750	0,0707	0,6000	0,8000
	D70 %3 ZnO	Kontrol	0,6375	0,0518	0,6000	0,7000	0,5500	0,0535	0,5000	0,6000

Tablo 5.41'in devamı

190 °C	D70 %3 ZnO	240 saat	0,6750	0,0463	0,6000	0,7000	0,5875	0,0641	0,5000	0,7000
	D70 %5 ZnO	Kontrol	0,7375	0,0518	0,7000	0,8000	0,5375	0,0518	0,5000	0,6000
		240 saat	0,7750	0,0463	0,7000	0,8000	0,6000	0,0535	0,5000	0,7000
	D70 %1 Ser.	Kontrol	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000	0,5875	0,0354	0,5000	0,6000
		240 saat	0,7875	0,0354	0,7000	0,8000	0,6375	0,0518	0,6000	0,7000
	D70 %3 Ser.	Kontrol	0,6250	0,0463	0,6000	0,7000	0,7125	0,0354	0,7000	0,8000
		240 saat	0,6625	0,0518	0,6000	0,7000	0,7750	0,0707	0,7000	0,9000
	D70 %5 Ser.	Kontrol	0,7250	0,0463	0,7000	0,8000	0,6500	0,0535	0,6000	0,7000
		240 saat	0,7125	0,0354	0,7000	0,8000	0,7000	0,0535	0,6000	0,8000
	D99 Kontrol	Kontrol	0,6750	0,0463	0,6000	0,7000	0,7375	0,0518	0,7000	0,8000
		240 saat	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000
	D99%1 ZnO	Kontrol	0,9750	0,0463	0,9000	1,0000	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000
		240 saat	1,1250	0,1336	1,0000	1,2500	0,8000	0,0756	0,7000	0,9000
	D99%3 ZnO	Kontrol	0,9500	0,0535	0,9000	1,0000	0,7625	0,0518	0,7000	0,8000
		240 saat	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,8125	0,0641	0,7000	0,9000
	D99%5 ZnO	Kontrol	0,9000	0,0000	0,9000	0,9000	0,7250	0,0463	0,7000	0,8000
		240 saat	0,9375	0,0518	0,9000	1,0000	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000
	D99%1 Ser.	Kontrol	0,9000	0,0000	0,9000	0,9000	0,8375	0,0518	0,8000	0,9000
		240 saat	0,9500	0,0535	0,9000	1,0000	0,8625	0,0518	0,8000	0,9000
	D99%3 Ser.	Kontrol	0,9250	0,0707	0,8000	1,0000	0,9125	0,0835	0,8000	1,0000
		240 saat	0,9625	0,0518	0,9000	1,0000	0,9375	0,0744	0,8000	1,0000
	D99%5 Ser.	Kontrol	1,3125	0,1157	1,2500	1,5000	1,1250	0,1336	1,0000	1,2500
		240 saat	1,5625	0,1157	1,5000	1,7500	1,2813	0,0884	1,2500	1,5000
212 °C	D70 Kontrol	Kontrol	0,7375	0,0518	0,7000	0,8000	0,6625	0,0518	0,6000	0,7000
		240 saat	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000	0,7250	0,0463	0,7000	0,8000
	D70 %1 ZnO	Kontrol	0,6750	0,0463	0,6000	0,7000	0,7375	0,0518	0,7000	0,8000
		240 saat	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000	0,7875	0,0641	0,7000	0,9000
	D70 %3 ZnO	Kontrol	0,6000	0,0000	0,6000	0,6000	0,5250	0,0463	0,5000	0,6000
		240 saat	0,6125	0,0354	0,6000	0,7000	0,5750	0,0886	0,5000	0,7000
	D70 %5 ZnO	Kontrol	0,6750	0,0463	0,6000	0,7000	0,5125	0,0354	0,5000	0,6000
		240 saat	0,7375	0,0518	0,7000	0,8000	0,5750	0,0707	0,5000	0,7000
	D70 %1 Ser.	Kontrol	0,7750	0,0463	0,7000	0,8000	0,5250	0,0463	0,5000	0,6000
		240 saat	0,8375	0,0518	0,8000	0,9000	0,5875	0,0641	0,5000	0,7000
	D70 %3 Ser.	Kontrol	0,7625	0,0744	0,6000	0,8000	0,6625	0,0518	0,6000	0,7000
		240 saat	0,8125	0,0354	0,8000	0,9000	0,7125	0,0354	0,7000	0,8000
	D70 %5 Ser.	Kontrol	0,7750	0,0463	0,7000	0,8000	0,6375	0,0518	0,6000	0,7000
		240 saat	0,8250	0,0463	0,8000	0,9000	0,6875	0,0354	0,6000	0,7000
	D99 Kontrol	Kontrol	0,6250	0,0707	0,5000	0,7000	0,7500	0,0535	0,7000	0,8000

Tablo 5.41'in devamı

212 °C	D99 Kontrol	240 saat	0,7250	0,0707	0,6000	0,8000	0,7625	0,0518	0,7000	0,8000
	D99%1 ZnO	Kontrol	0,9875	0,0354	0,9000	1,0000	0,7625	0,0518	0,7000	0,8000
		240 saat	1,0938	0,1294	1,0000	1,2500	0,8125	0,0641	0,7000	0,9000
	D99%3 ZnO	Kontrol	1,0625	0,1157	1,0000	1,2500	0,7750	0,0707	0,7000	0,9000
		240 saat	1,1875	0,1157	1,0000	1,2500	0,8375	0,0518	0,8000	0,9000
	D99%5 ZnO	Kontrol	0,7875	0,0354	0,7000	0,8000	0,7125	0,0641	0,6000	0,8000
		240 saat	0,8875	0,0354	0,8000	0,9000	0,7375	0,0518	0,7000	0,8000
	D99%1 Ser.	Kontrol	0,9375	0,0744	0,8000	1,0000	0,8875	0,0354	0,8000	0,9000
		240 saat	1,0500	0,1282	0,9000	1,2500	0,9125	0,0641	0,8000	1,0000
	D99%3 Ser.	Kontrol	0,8625	0,0518	0,8000	0,9000	0,9250	0,0886	0,8000	1,0000
		240 saat	0,9375	0,0744	0,8000	1,0000	0,9500	0,0535	0,9000	1,0000
	D99%5 Ser.	Kontrol	1,4063	0,1294	1,2500	1,5000	1,0625	0,1157	1,0000	1,2500
		240 saat	1,6250	0,1336	1,5000	1,7500	1,1563	0,1294	1,0000	1,2500

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, **: Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Vernik katmanı çizilme direnci değerleri, ağaç türü, ısıtma işlem periyodu, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Tablo 5.42'de verilmiştir.

Tablo 5.42 Çizilme direnci değeri varyans analizi sonuçları

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	3,879	3,879	925,317	0,000*
Isıl İşlem (B)	2	0,033	0,016	3,917	0,020*
Vernik Çeşidi (C)	13	37,489	2,884	687,989	0,000*
Yaşlandırma Periyodu (D)	1	1,257	1,257	299,847	0,000*
Etkileşim (AB)	2	0,188	0,094	22,428	0,000*
Etkileşim (AC)	13	2,722	0,209	49,957	0,000*
Etkileşim (AD)	1	0,055	0,055	13,128	0,000*
Etkileşim (BC)	26	0,870	0,033	7,987	0,000*
Etkileşim (BD)	2	0,004	0,002	0,515	0,598 **
Etkileşim (CD)	13	0,356	0,027	6,532	0,000*
Etkileşim (ABC)	26	1,849	0,071	16,969	0,000*
Etkileşim (ABD)	2	0,004	0,002	0,533	0,587 **
Etkileşim (ACD)	13	0,140	0,011	2,576	0,002*
Etkileşim (BCD)	26	0,058	0,002	0,537	0,973 **
Etkileşim (ABCD)	26	0,035	0,001	0,325	1,000 **
Hata	1176	4,929	0,004		
Toplam	1344	927,685			

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

Tablo 5.42'ye göre; ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri, ısıt işlem – yaşlandırma (BD), ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD), ısıt işlem - vernik çeşidi -yaşlandırma periyodu (BCD), ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) etkileşimleri haricinde anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Daha sonra LSD kritik değer kullanılarak ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.43'te verilmiştir

Tablo 5.43 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde çizilme direnci değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	LSD±
Ağaç Türü (A)	Çam	0,8600	A*	0,0068
	Dişbudak	0,7526	B	
Isıt İşlem (B)	Kontrol	0,7998	C	0,0083
	190 °C	0,8075	AB	
	212 °C	0,8117	A*	
Vernik Çeşidi (C)	D70 Kontrol	0,7250	FG	0,0179
	D70 %1 ZnO	0,7385	EF	
	D70 %3 ZnO	0,6010	J	
	D70 %5 ZnO	0,6531	I	
	D70 %1 Ser.	0,6948	H	
	D70 %3 Ser.	0,7073	GH	
	D70 %5 Ser.	0,7010	H	
	D99 Kontrol	0,7469	E	
	D99 %1 ZnO	0,9052	C	
	D99 %3 ZnO	0,9031	C	
	D99 %5 ZnO	0,8021	D	
	D99 %1 Ser.	0,8885	C	
	D99 %3 Ser.	0,9302	B	
	D99 %5 Ser.	1,2917	A*	
Yaşlandırma Periyodu (D)	Kontrol	0,7757	B	0,0068
	240 Saat	0,8369	A*	

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek çizilme direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.43'e göre çizilme direnci değeri; ağaç türü düzeyinde en yüksek çamda tespit edilmiştir. Isıt işlem düzeyinde en yüksek 212 °C'de ısıt işlem uygulanan grupta, en düşük kontrol grubunda tespit edilmiştir. Vernik çeşidinde en yüksek yüzeylere %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 uygulanan vernikte, en düşük yüzeylere %3 ZnO ile modifiye edilen D70 uygulanan vernikte tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodunda en yüksek 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem (AB) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.44'te verilmiştir.

Tablo 5.44 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AB	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	0,8368	B	0,8683	AB	0,8750	A*
Dişbudak	0,7627	C	0,7467	C	0,7484	C
LSD± 0,0117						

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

Tablo 5.44'e göre çizilme direnci değeri; en yüksek 212 °C'de ısıt işlem uygulanan çamda, en düşük tüm ısıt işlem gruplarında dişbudakta tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.45'te verilmiştir.

Tablo 5.45 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AC	Çam		Dişbudak	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	0,7979	F	0,6521	JK
D70 %1 ZnO	0,7542	GHI	0,7229	I
D70 %3 ZnO	0,6333	KL	0,5688	M
D70 %5 ZnO	0,7354	HI	0,5708	M
D70 %1 Ser.	0,7875	FG	0,6021	LM
D70 %3 Ser.	0,6854	J	0,7292	I
D70 %5 Ser.	0,7229	I	0,6792	J
D99 Kontrol	0,7542	GHI	0,7396	HI
D99 %1 ZnO	1,0375	C	0,7729	FGH
D99 %3 ZnO	1,0188	C	0,7875	FG
D99 %5 ZnO	0,8646	E	0,7396	HI
D99 %1 Ser.	0,9229	D	0,8542	E
D99 %3 Ser.	0,9354	D	0,9250	D
D99 %5 Ser.	1,3906	A*	1,1927	B
LSD± 0,0253				

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **C**: Vernik Çeşidi, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek çizilme direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.45'e göre çizilme direnci değeri; en yüksek yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan çamda, en düşük yüzeylerine %3 ZnO ve %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernikleri uygulanan dişbudakta tespit edilmiştir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.46’da verilmiştir.

Tablo 5.46 Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	0,8231	B	0,8970	A*
Dişbudak	0,7284	D	0,7768	C
LSD± 0,0096				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **D**: Yaşlandırma Periyodu, *****: En yüksek çizilme direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.46’ya göre çizilme direnci değeri; en yüksek 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda, en düşük yaşlandırılmayan (kontrol) dişbudakta tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.47’de verilmiştir.

Tablo 5.47 Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör BC	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	0,7219	K-N	0,7344	KLM	0,7188	K-N
D70 %1 ZnO	0,7563	JKL	0,7219	K-N	0,7375	J-M
D70 %3 ZnO	0,6125	PR	0,6125	PR	0,5781	R
D70 %5 ZnO	0,6719	M-P	0,6625	NOP	0,6250	OPR
D70 %1 Ser.	0,7125	LMN	0,6906	MN	0,6813	MNO
D70 %3 Ser.	0,6906	MN	0,6938	LMN	0,7375	J-M
D70 %5 Ser.	0,6750	MNO	0,6969	LMN	0,7313	KLM
D99 Kontrol	0,7969	IJ	0,7281	KLM	0,7156	LMN
D99 %1 ZnO	0,8891	D-G	0,9125	C-F	0,9141	C-F
D99 %3 ZnO	0,8625	FGH	0,8813	E-H	0,9656	C
D99 %5 ZnO	0,7969	IJ	0,8281	HI	0,7813	IJK
D99 %1 Ser.	0,8313	HI	0,8875	D-H	0,9469	CD
D99 %3 Ser.	0,9375	CDE	0,9344	CDE	0,9188	C-F
D99 %5 Ser.	1,2422	B	1,3203	A*	1,3125	A*
LSD± 0,0310						

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik Çeşidi, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.:** Seramik kürecik, *****: En yüksek çizilme direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.4’ye göre çizilme direnci değeri; en yüksek 190 °C’de ve 212 °C’de ısıtıl işlem uygulanan ve yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik

uygulanan örneklerde, en düşük 212 °C’de ısıtma işlemi uygulanan ve yüzeylerine %3 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.48’de verilmiştir.

Tablo 5.48 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	0,6958	KLM	0,7542	IJ
D70 %1 ZnO	0,7042	KLM	0,7729	HI
D70 %3 ZnO	0,5833	O	0,6188	O
D70 %5 ZnO	0,6271	NO	0,6792	LM
D70 %1 Ser.	0,6646	MN	0,7250	JKL
D70 %3 Ser.	0,6833	KLM	0,7313	IJK
D70 %5 Ser.	0,6833	KLM	0,7188	JKL
D99 Kontrol	0,7208	JKL	0,7729	HI
D99 %1 ZnO	0,8604	EF	0,9500	C
D99 %3 ZnO	0,8708	DE	0,9354	C
D99 %5 ZnO	0,7813	GH	0,8229	FG
D99 %1 Ser.	0,8667	EF	0,9104	CD
D99 %3 Ser.	0,9104	CD	0,9500	C
D99 %5 Ser.	1,2083	B	1,3750	A*
LSD± 0,0253				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, C: Vernik Çeşidi, D: Yaşlandırma Periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek çizilme direnci değerini ifade etmektedir

Tablo 5.48’e göre çizilme direnci değeri; en yüksek yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, en düşük yüzeylerine %3 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan, hem yaşlandırılmayan (kontrol) hem de 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi (ABC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.49’da verilmiştir.

Tablo 5.49 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktör etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABC	Çam						Dişbudak					
	Kontrol		190 °C		212 °C		Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	0,7938	S-Y	0,8563	N-R	0,7438	V-e	0,6500	ı-n	0,6125	m-r	0,6938	d-k
D70 %1 ZnO	0,7563	U-d	0,7938	S-Y	0,7125	a-h	0,7563	U-d	0,6500	ı-n	0,7625	U-c
D70 %3 ZnO	0,6375	k-o	0,6563	h-n	0,6063	m-s	0,5875	o-t	0,5688	p-t	0,5500	st
D70 %5 ZnO	0,7438	V-e	0,7563	U-d	0,7063	b-ı	0,6000	n-t	0,5688	p-t	0,5438	t
D70 %1 Ser.	0,7875	T-Z	0,7688	U-b	0,8063	R-V	0,6375	k-o	0,6125	m-r	0,5563	rst
D70 %3 Ser.	0,6250	ı-p	0,6438	j-o	0,7875	T-Z	0,7563	U-d	0,7438	V-e	0,6875	e-k
D70 %5 Ser.	0,6500	ı-n	0,7188	a-g	0,8000	R-Y	0,7000	c-j	0,6750	f-l	0,6625	g-m
D99 Kontrol	0,8750	M-P	0,7125	a-h	0,6750	f-l	0,7188	a-g	0,7438	V-e	0,7563	U-d
D99 %1 ZnO	1,0219	FGH	1,0500	F	1,0406	FG	0,7563	U-d	0,7750	U-a	0,7875	T-Z
D99 %3 ZnO	0,9563	I-L	0,9750	HJ	1,1250	E	0,7688	U-b	0,7875	T-Z	0,8063	R-V
D99 %5 ZnO	0,8375	P-T	0,9188	J-M	0,8375	P-T	0,7563	U-d	0,7375	Y-e	0,7250	Z-f
D99 %1 Ser.	0,8500	O-S	0,9250	J-M	0,9938	GHI	0,8125	R-U	0,8500	O-S	0,9000	L-O
D99 %3 Ser.	0,9625	IJK	0,9438	I-L	0,9000	L-O	0,9125	K-N	0,9250	J-M	0,9375	I-L
D99 %5 Ser.	1,2188	CD	1,4375	B	1,5156	A*	1,2656	C	1,2031	D	1,1094	E
LSD± 0,0438												

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç Türü, **B**: Isıt İşlem, **C**: Vernik Çeşidi, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek En yüksek pürüzlülük (Ra*) değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.49'a göre çizilme direnci değeri; 212 °C'de ısıt işlem uygulanan ve yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan çamda, en düşük 212 °C'de ısıt işlem uygulanan ve yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan dişbudakta tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.50'de verilmiştir.

Tablo 5.50 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait çizilme direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ACD	Çam				Dişbudak			
	Kontrol		240 Saat		Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	0,7708	K-O	0,8250	IJ	0,6208	a-d	0,6833	U-Z
D70 %1 ZnO	0,7125	P-V	0,7958	J-N	0,6958	T-Y	0,7500	M-T
D70 %3 ZnO	0,6208	a-d	0,6458	ab	0,5458	ef	0,5917	cde
D70 %5 ZnO	0,7125	P-V	0,7583	M-R	0,5417	f	0,6000	bcd
D70 %1 Ser.	0,7542	M-S	0,8208	IJK	0,5750	def	0,6292	abc
D70 %3 Ser.	0,6667	V-a	0,7042	R-Y	0,7000	S-Y	0,7583	M-R
D70 %5 Ser.	0,7125	P-V	0,7333	O-U	0,6542	Y-a	0,7042	R-Y
D99 Kontrol	0,7083	P-V	0,8000	J-M	0,7333	O-U	0,7458	N-T
D99 %1 ZnO	0,9708	E	1,1042	C	0,7500	M-T	0,7958	J-N
D99 %3 ZnO	0,9792	E	1,0583	D	0,7625	L-P	0,8125	JKL
D99 %5 ZnO	0,8333	IJ	0,8958	GH	0,7292	O-U	0,7500	M-T
D99 %1 Ser.	0,8917	GH	0,9542	EF	0,8417	IJ	0,8667	HI
D99 %3 Ser.	0,9083	FGH	0,9625	E	0,9125	FGH	0,9375	EFG
D99 %5 Ser.	1,2813	B	1,5000	A*	1,1354	C	1,2500	B
LSD± 0,0358								

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek çizilme direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.50'ye göre çizilme direnci değeri; en yüksek yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda, en düşük yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) dişbudakta tespit edilmiştir.

5.7 Vernik Katmanı Yüzeye Yapışma Direncine Ait Bulgular

Isıl işlem uygulanmış çam ve dişbudak odunlarının yüzeylerine nanoparçacıklar ile modifiye edildikten sonra uygulanan su bazlı verniklerin, UV yaşlandırma etkisi sonrası vernik katmanı yüzeye yapışma direnci değerlerine ilişkin veriler Tablo 5.51'de verilmiştir.

Tablo 5.51 Yüzeye yapışma direnci değerlerine ait veriler

Faktör (ABCD)			Yüzeye Yapışma Direnci Değerleri							
			Ağaç Türü (A)							
			Çam				Dişbudak			
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	$\bar{X}$	Ss	Xmin	Xmax	$\bar{X}$	Ss	Xmin	Xmax
** Kontrol	D70 Kontrol	Kontrol	3,27	0,12	3,09	3,42	3,97	0,05	3,92	4,04
		240 saat	3,41	0,30	3,03	3,85	5,22	0,56	4,52	6,02
	D70 %1 ZnO	Kontrol	2,28	0,21	1,96	2,52	5,74	0,57	5,25	6,60
		240 saat	3,31	0,22	3,08	3,66	2,54	0,39	1,93	2,90
	D70 %3 ZnO	Kontrol	3,62	0,17	3,39	3,85	2,44	0,20	2,15	2,68
		240 saat	3,43	0,26	3,03	3,68	5,01	0,46	4,34	5,57
	D70 %5 ZnO	Kontrol	3,52	0,18	3,24	3,71	7,17	0,72	6,41	8,29
		240 saat	3,28	0,14	3,13	3,48	5,21	0,33	4,72	5,51
	D70 %1 Ser.	Kontrol	3,29	0,14	3,15	3,49	3,30	0,22	3,02	3,53
		240 saat	3,37	0,22	3,03	3,54	4,87	0,42	4,21	5,25
	D70 %3 Ser.	Kontrol	2,60	0,16	2,40	2,85	3,59	0,49	2,75	3,93
		240 saat	2,77	0,22	2,60	3,11	2,89	0,28	2,47	3,12
	D70 %5 Ser.	Kontrol	3,54	0,05	3,47	3,61	5,51	0,19	5,35	5,80
		240 saat	2,25	0,11	2,09	2,35	3,75	0,15	3,53	3,94
	D99 Kontrol	Kontrol	3,63	0,06	3,57	3,72	6,35	0,13	6,19	6,55
		240 saat	2,81	0,21	2,47	2,98	7,39	0,33	6,96	7,84
	D99%1 ZnO	Kontrol	3,55	0,16	3,33	3,76	5,09	0,39	4,73	5,71
		240 saat	3,55	0,41	3,22	4,18	4,04	0,80	3,08	4,90
	D99%3 ZnO	Kontrol	3,30	0,16	3,11	3,52	4,07	0,09	3,94	4,18
		240 saat	3,94	0,48	3,25	4,44	4,38	0,14	4,19	4,58
	D99%5 ZnO	Kontrol	3,64	0,03	3,59	3,66	6,86	0,66	6,10	7,87
		240 saat	2,50	0,20	2,34	2,82	3,69	0,46	3,03	4,27
	D99%1 Ser.	Kontrol	3,31	0,28	2,87	3,51	5,27	0,44	4,67	5,85
		240 saat	3,73	0,46	3,01	4,05	6,40	0,47	6,05	7,14
	D99%3 Ser.	Kontrol	3,27	0,36	2,73	3,71	6,20	0,58	5,37	6,85
		240 saat	3,25	0,17	3,03	3,45	5,73	0,04	5,68	5,77
	D99%5 Ser.	Kontrol	3,23	0,08	3,15	3,36	4,50	0,09	4,39	4,63
		240 saat	2,44	0,31	2,17	2,91	4,31	0,66	3,46	4,95
190 °C	D70 Kontrol	Kontrol	2,44	0,02	2,41	2,46	3,75	0,47	3,25	4,42
		240 saat	2,25	0,16	2,04	2,45	3,38	0,40	2,82	3,88
	D70 %1 ZnO	Kontrol	2,68	0,02	2,65	2,69	2,91	0,28	2,52	3,24
		240 saat	2,28	0,09	2,16	2,40	3,61	0,13	3,41	3,73
	D70 %3 ZnO	Kontrol	1,67	0,20	1,44	1,93	2,49	0,20	2,24	2,76
		240 saat	2,76	0,15	2,58	2,96	3,10	1,12	2,18	4,81
	D70 %5 ZnO	Kontrol	2,23	0,12	2,07	2,37	4,19	0,04	4,16	4,25
		240 saat	2,65	0,33	2,13	2,98	3,07	0,86	2,26	4,43
	D70 %1 Ser.	Kontrol	2,30	0,29	1,98	2,70	4,71	0,62	4,06	5,67
		240 saat	2,55	0,29	2,15	2,88	4,15	0,52	3,34	4,56
	D70 %3 Ser.	Kontrol	2,26	0,14	2,09	2,46	4,25	0,56	3,49	4,99
		240 saat	2,45	0,28	2,11	2,82	2,94	0,83	2,07	4,13

Tablo 5.51'in devamı

190 °C	D70 %5 Ser.	Kontrol	2,34	0,09	2,24	2,46	4,11	0,53	3,38	4,80
		240 saat	1,77	0,05	1,72	1,85	4,31	0,48	3,71	4,92
	D99 Kontrol	Kontrol	3,15	0,17	2,92	3,36	5,82	0,32	5,46	6,27
		240 saat	2,45	0,13	2,24	2,55	5,39	0,24	5,22	5,76
	D99 %1 ZnO	Kontrol	1,46	0,18	1,24	1,70	3,27	0,53	2,55	3,98
		240 saat	2,44	0,14	2,22	2,54	3,28	0,15	3,13	3,49
	D99 %3 ZnO	Kontrol	2,55	0,34	2,01	2,90	4,56	0,32	4,25	5,07
		240 saat	2,24	0,30	1,86	2,61	4,11	0,24	3,81	4,42
	D99 %5 ZnO	Kontrol	1,51	0,13	1,40	1,71	4,75	0,26	4,46	5,15
		240 saat	2,55	0,26	2,14	2,83	2,17	0,10	2,03	2,29
	D99 %1 Ser.	Kontrol	2,38	0,18	2,16	2,64	4,74	0,50	4,07	5,40
		240 saat	2,12	0,16	1,94	2,36	5,18	0,81	3,96	5,89
	D99%3 Ser.	Kontrol	2,51	0,16	2,35	2,77	6,72	0,26	6,47	7,13
		240 saat	2,56	0,35	2,17	3,06	5,15	0,31	4,67	5,38
	D99%5 Ser.	Kontrol	2,57	0,13	2,37	2,70	3,39	0,13	3,24	3,60
		240 saat	1,87	0,38	1,27	2,14	4,97	0,70	3,92	5,57
212 °C	D70 Kontrol	Kontrol	1,45	0,12	1,32	1,63	2,04	0,23	1,75	2,38
		240 saat	1,44	0,10	1,32	1,56	3,18	0,11	3,03	3,30
	D70 %1 ZnO	Kontrol	1,71	0,10	1,62	1,86	1,91	0,39	1,49	2,46
		240 saat	1,41	0,20	1,25	1,71	1,40	0,13	1,21	1,51
	D70 %3 ZnO	Kontrol	1,30	0,06	1,21	1,35	2,46	0,15	2,30	2,67
		240 saat	1,73	0,16	1,50	1,91	1,92	0,70	1,37	3,03
	D70 %5 ZnO	Kontrol	1,51	0,15	1,32	1,72	3,78	0,42	3,26	4,39
		240 saat	1,56	0,17	1,29	1,70	2,53	0,34	2,05	2,94
	D70 %1 Ser.	Kontrol	1,44	0,12	1,30	1,61	2,48	0,23	2,31	2,83
		240 saat	2,24	0,19	2,06	2,54	3,31	0,14	3,10	3,46
	D70 %3 Ser.	Kontrol	1,10	0,03	1,07	1,15	3,47	0,36	2,98	3,92
		240 saat	1,62	0,27	1,32	2,00	2,16	0,29	1,71	2,43
	D70 %5 Ser.	Kontrol	1,88	0,24	1,49	2,11	2,50	0,11	2,38	2,66
		240 saat	1,28	0,13	1,19	1,48	3,13	0,08	3,03	3,23
	D99 Kontrol	Kontrol	1,69	0,02	1,66	1,72	4,28	0,26	3,99	4,67
		240 saat	1,70	0,34	1,46	2,24	3,58	0,23	3,27	3,85
	D99 %1 ZnO	Kontrol	1,25	0,09	1,12	1,35	1,52	0,23	1,22	1,80
		240 saat	1,89	0,38	1,29	2,29	3,12	0,46	2,47	3,61
	D99 %3 ZnO	Kontrol	1,66	0,16	1,51	1,91	3,44	0,29	3,13	3,89
		240 saat	1,72	0,36	1,45	2,27	2,44	0,27	2,15	2,83
	D99 %5 ZnO	Kontrol	1,28	0,09	1,14	1,40	4,34	0,40	4,00	4,98
		240 saat	1,33	0,12	1,19	1,49	1,43	0,07	1,32	1,51
	D99 %1 Ser.	Kontrol	2,14	0,25	1,83	2,48	3,21	0,30	2,77	3,59
		240 saat	1,61	0,15	1,39	1,79	2,60	0,37	2,00	2,89
	D99 %3 Ser.	Kontrol	2,00	0,06	1,92	2,09	3,78	0,68	3,01	4,75
		240 saat	1,20	0,11	1,04	1,34	1,83	0,15	1,64	2,02
	D99 %5 Ser.	Kontrol	1,65	0,06	1,55	1,72	2,62	0,33	2,10	2,91
		240 saat	1,42	0,31	1,04	1,84	1,34	0,15	1,11	1,46

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, **: Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Vernik katmanı yüzeye yapışma direnci değerleri, ağaç türü, ısıt işlem periyodu, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Tablo 5.52’de verilmiştir.

Tablo 5.52 Yüzeye yapışma direnci değeri varyans analizi sonuçları

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	475,362	475,362	4262,132	0,000*
Isıl İşlem (B)	2	499,856	249,928	2240,871	0,000*
Vernik Çeşidi (C)	13	132,046	10,157	91,072	0,000*
Yaşlandırma Periyodu (D)	1	10,034	10,034	89,964	0,000*
Etkileşim (AB)	2	15,636	7,818	70,098	0,000*
Etkileşim (AC)	13	83,161	6,397	57,356	0,000*
Etkileşim (AD)	1	7,917	7,917	70,987	0,000*
Etkileşim (BC)	26	51,685	1,988	17,823	0,000*
Etkileşim (BD)	2	0,678	0,339	3,041	0,048*
Etkileşim (CD)	13	64,630	4,972	44,575	0,000*
Etkileşim (ABC)	26	42,753	1,644	14,743	0,000*
Etkileşim (ABD)	2	1,310	0,655	5,872	0,003*
Etkileşim (ACD)	13	56,099	4,315	38,691	0,000*
Etkileşim (BCD)	26	49,246	1,894	16,983	0,000*
Etkileşim (ABCD)	26	53,572	2,060	18,474	0,000*
Hata	672	74,949	0,112		
Toplam	840	9822,227			

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

Tablo 5.52’ye göre; ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.53’te verilmiştir.

Tablo 5.53 Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yüzeye yapışma direnci değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	LSD±
Ağaç Türü (A)	Çam	2,37	B	0,0453
	Dişbudak	3,88	A*	
Isıl İşlem (B)	Kontrol	4,03	A*	0,0554
	190 °C	3,20	B	
	212 °C	2,14	C	
Vernik Çeşidi (C)	D70 Kontrol	2,98	FG	0,1197
	D70 %1 ZnO	2,65	H	
	D70 %3 ZnO	2,66	H	
	D70 %5 ZnO	3,39	D	
	D70 %1 Ser.	3,17	E	
	D70 %3 Ser.	2,67	H	
	D70 %5 Ser.	3,03	F	
	D99 Kontrol	4,02	A*	
	D99 %1 ZnO	2,87	G	
	D99 %3 ZnO	3,20	E	
	D99 %5 ZnO	3,00	F	
	D99 %1 Ser.	3,56	C	
	D99 %3 Ser.	3,68	B	
	D99 %5 Ser.	2,86	G	
Yaşlandırma Periyodu (D)	Kontrol	3,23	A*	0,0453
	240 Saat	3,02	B	

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.53'e göre yüzeye yapışma direnci değeri; ağaç türü düzeyinde en yüksek dişbudakta tespit edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde en yüksek kontrol grubunda, en düşük 212 °C'de ısıt işlem uygulanan grupta tespit edilmiştir. Vernik çeşidinde en yüksek yüzeylere modifiye edilmemiş D99 kontrol vernik uygulanan örneklerde, en düşük %1 ZnO, %3 ZnO ve %3 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernikleri uygulanan örneklerde tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodunda en yüksek yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem (AB) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.54'te verilmiştir.

Tablo 5.54 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AB	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	3,22	C	2,32	E	1,58	F
Dişbudak	4,84	A*	4,09	B	2,71	D
LSD± 0,0784						

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, B: Isıt işlem, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.54'e göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek ısıt işlem uygulanmayan (kontrol) dişbudakta, en düşük 212 °C'de ısıt işlem uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.55'te verilmiştir.

Tablo 5.55 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AC	Çam		Dişbudak	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	2,38	IJK	3,59	EFG
D70 %1 ZnO	2,28	JK	3,02	GHI
D70 %3 ZnO	2,42	IJK	2,90	HIJ
D70 %5 ZnO	2,46	IJK	4,32	CD
D70 %1 Ser.	2,53	IJK	3,80	DEF
D70 %3 Ser.	2,13	K	3,22	E-H
D70 %5 Ser.	2,18	K	3,88	DE
D99 Kontrol	2,57	IJK	5,47	A*
D99 %1 ZnO	2,36	JK	3,39	E-H
D99 %3 ZnO	2,57	IJK	3,83	DE
D99 %5 ZnO	2,14	K	3,87	DE
D99 %1 Ser.	2,55	IJK	4,57	BC
D99 %3 Ser.	2,47	IJK	4,90	B
D99 %5 Ser.	2,20	K	3,52	EFG
LSD± 0,1693				

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.55'e göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan dişbudakta, en düşük yüzeylerine %3 ve %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 ile %5 ZnO ve %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernikleri uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.56’da verilmiştir.

Tablo 5.56 Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	2,38	C	2,36	C
Dişbudak	4,08	A*	3,67	B
LSD± 0,0640				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **D**: Yaşlandırma Periyodu, *****: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.56’ya göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek yaşlandırılmayan (kontrol) dişbudakta, en düşük hem yaşlandırılmayan (kontrol) hem de 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.57’de verilmiştir.

Tablo 5.57 Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör BC	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	3,97	C-F	2,95	H-N	2,03	P-U
D70 %1 ZnO	3,47	D-J	2,87	I-O	1,61	U
D70 %3 ZnO	3,63	D-I	2,51	L-T	1,85	STU
D70 %5 ZnO	4,79	AB	3,04	H-M	2,35	M-U
D70 %1 Ser.	3,71	D-H	3,42	D-J	2,37	M-U
D70 %3 Ser.	2,96	H-N	2,98	H-N	2,09	O-U
D70 %5 Ser.	3,76	D-H	3,13	G-M	2,20	N-U
D99 Kontrol	5,04	A*	4,20	BCD	2,81	I-P
D99 %1 ZnO	4,06	B-E	2,61	K-S	1,95	R-U
D99 %3 ZnO	3,92	C-G	3,37	E-K	2,31	M-U
D99 %5 ZnO	4,17	B-E	2,75	J-R	2,10	O-U
D99 %1 Ser.	4,68	ABC	3,60	D-I	2,39	M-U
D99 %3 Ser.	4,61	ABC	4,24	BCD	2,20	N-U
D99 %5 Ser.	3,62	D-I	3,20	F-L	1,76	TU
LSD± 0,2074						

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik Çeşidi, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.57'ye göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek ısı işlem uygulanmayan (kontrol) ve yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan örneklerde, en düşük 212 °C'de ısı işlem uygulanan ve yüzeylerine %1 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.58'de verilmiştir.

Tablo 5.58 Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	4,15	A*	3,91	A*
190 °C	3,27	B	3,13	B
212 °C	2,28	C	2,00	D
LSD± 0,0784				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **B**: Isıl İşlem, **D**: Yaşlandırma Periyodu, *****: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir

Tablo 5.58'e göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek ısı işlem uygulanmayan (kontrol) ve hem yaşlandırılmayan (kontrol) hem de 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, en düşük 212 °C'de ısı işlem uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.59'da verilmiştir.

Tablo 5.59 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	2,82	E-I	3,15	C-H
D70 %1 ZnO	2,87	E-I	2,43	HI
D70 %3 ZnO	2,33	HI	2,99	D-I
D70 %5 ZnO	3,73	A-D	3,05	D-I
D70 %1 Ser.	2,92	D-I	3,41	A-F
D70 %3 Ser.	2,88	E-I	2,47	GHI
D70 %5 Ser.	3,31	B-F	2,75	F-I
D99 Kontrol	4,15	A*	3,88	ABC
D99 %1 ZnO	2,69	F-I	3,05	D-I
D99 %3 ZnO	3,26	C-G	3,14	C-H
D99 %5 ZnO	3,73	A-D	2,28	I
D99 %1 Ser.	3,51	A-F	3,61	A-E
D99 %3 Ser.	4,08	AB	3,29	C-G
D99 %5 Ser.	2,99	D-I	2,73	F-I
LSD± 0,1693				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **C**: Vernik Çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.59'a göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde, en düşük yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi (ABC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.60'da verilmiştir.

Tablo 5.60 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABC	Çam						Dişbudak					
	Kontrol		190 °C		212 °C		Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	3,34	L-T	2,34	a-g	1,45	jk	4,59	EFG	3,56	I-O	2,61	U-d
D70 %1 ZnO	2,79	S-b	2,48	Y-e	1,56	h-k	4,14	F-K	3,26	L-U	1,66	g-k
D70 %3 ZnO	3,53	J-P	2,22	b-ı	1,51	ijk	3,72	H-M	2,80	S-b	2,19	b-ı
D70 %5 ZnO	3,40	L-T	2,44	Z-e	1,54	ijk	6,19	B	3,63	I-N	3,16	M-Y
D70 %1 Ser.	3,33	L-T	2,42	Z-e	1,84	e-k	4,08	F-K	4,43	EFG	2,90	O-b
D70 %3 Ser.	2,68	T-c	2,36	Z-f	1,36	jk	3,24	L-V	3,59	I-O	2,81	R-b
D70 %5 Ser.	2,89	O-b	2,05	c-j	1,58	h-k	4,63	EF	4,21	F-J	2,81	R-b
D99 Kontrol	3,22	M-V	2,80	S-b	1,70	f-k	6,87	A*	5,60	BC	3,93	G-L
D99 %1 ZnO	3,55	I-P	1,95	d-k	1,57	h-k	4,56	EFG	3,27	L-U	2,32	a-g
D99 %3 ZnO	3,62	I-N	2,40	Z-e	1,69	f-k	4,22	F-I	4,34	E-I	2,94	N-a
D99 %5 ZnO	3,07	M-Z	2,03	c-j	1,31	k	5,27	CD	3,46	K-S	2,89	O-b
D99 %1 Ser.	3,52	J-R	2,25	a-h	1,88	e-k	5,84	BC	4,96	DE	2,90	O-b
D99 %3 Ser.	3,26	L-U	2,54	V-e	1,60	h-k	5,96	B	5,93	B	2,80	S-b
D99 %5 Ser.	2,84	P-b	2,22	a-ı	1,53	ijk	4,40	EFG	4,18	F-J	1,98	c-k
LSD± 0,2933												

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç Türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.60'a göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek ısıt işlem uygulanmayan (kontrol) ve yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan dişbudakta, en düşük 212 °C'de ısıt işlem uygulanan ve yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.61'de verilmiştir.

Tablo 5.61 Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu			
		Kontrol		240 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	Kontrol	3,29	E	3,15	EF
	190 °C	2,29	G	2,35	G
	212 °C	1,58	H	1,58	H
Dişbudak	Kontrol	5,00	A*	4,67	B
	190 °C	4,26	C	3,91	D
	212 °C	2,99	F	2,43	G
LSD± 0,1109					

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.61'e göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek ısı işlem uygulanmayan (kontrol) ve yaşlandırılmayan (kontrol) dışbudakta, en düşük 212 °C'de ısı işlem uygulanan ve hem yaşlandırılmayan (kontrol) hem de 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.62'de verilmiştir.

Tablo 5.62 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ACD	Çam				Dışbudak			
	Kontrol		240 Saat		Kontrol		240 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
D70 Kontrol	2,39	NOP	2,37	NOP	3,25	G-N	3,93	D-G
D70 %1 ZnO	2,22	OP	2,33	OP	3,52	F-J	2,52	L-P
D70 %3 ZnO	2,20	OP	2,64	K-P	2,46	L-P	3,34	G-L
D70 %5 ZnO	2,42	M-P	2,50	L-P	5,05	ABC	3,60	E-H
D70 %1 Ser.	2,34	OP	2,72	I-O	3,50	F-J	4,11	D-G
D70 %3 Ser.	1,99	OP	2,28	OP	3,77	EFG	2,66	J-P
D70 %5 Ser.	2,59	L-P	1,77	P	4,04	D-G	3,73	EFG
D99 Kontrol	2,82	H-O	2,32	OP	5,48	AB	5,45	AB
D99 %1 ZnO	2,09	OP	2,63	K-P	3,29	G-M	3,48	F-K
D99 %3 ZnO	2,51	L-P	2,63	K-P	4,02	D-G	3,64	E-H
D99 %5 ZnO	2,14	OP	2,13	OP	5,32	AB	2,43	M-P
D99 %1 Ser.	2,61	L-P	2,49	L-P	4,41	CDE	4,72	BCD
D99 %3 Ser.	2,59	L-P	2,34	OP	5,57	A*	4,23	DEF
D99 %5 Ser.	2,48	L-P	1,91	OP	3,50	F-J	3,54	F-I
LSD± 0,2395								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.62'ye göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek yüzeylerine %3 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) dışbudakta, en düşük yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.63'te verilmiştir.

Tablo 5.63 Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (BCD)		Kontrol		190 °C		212 °C	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	Kontrol	3,62	E-S	3,09	J-c	1,74	ghı
	240 saat	4,32	A-I	2,81	N-g	2,31	U-ı
D70 %1 ZnO	Kontrol	4,01	C-M	2,79	N-g	1,81	f-ı
	240 saat	2,93	M-f	2,94	M-f	1,41	ı
D70 %3 ZnO	Kontrol	3,03	K-d	2,08	a-ı	1,88	d-ı
	240 saat	4,22	B-J	2,93	M-f	1,83	e-ı
D70 %5 ZnO	Kontrol	5,34	A*	3,21	I-b	2,65	P-h
	240 saat	4,24	A-J	2,86	M-g	2,05	b-ı
D70 %1 Ser.	Kontrol	3,29	I-Z	3,50	F-T	1,96	c-ı
	240 saat	4,12	C-L	3,35	H-Y	2,78	N-g
D70 %3 Ser.	Kontrol	3,09	J-c	3,26	I-a	2,28	U-ı
	240 saat	2,83	N-g	2,70	O-g	1,89	d-ı
D70 %5 Ser.	Kontrol	4,53	A-G	3,22	I-b	2,19	Y-ı
	240 saat	3,00	K-d	3,04	K-d	2,20	V-ı
D99 Kontrol	Kontrol	4,99	A-D	4,48	A-H	2,98	L-e
	240 saat	5,10	ABC	3,92	D-N	2,64	P-h
D99%1 ZnO	Kontrol	4,32	A-I	2,37	T-ı	1,39	ı
	240 saat	3,79	E-P	2,86	M-g	2,51	S-ı
D99%3 ZnO	Kontrol	3,69	E-R	3,56	F-S	2,55	R-h
	240 saat	4,16	B-K	3,18	I-b	2,08	a-ı
D99%5 ZnO	Kontrol	5,25	AB	3,13	J-c	2,81	N-g
	240 saat	3,09	J-c	2,36	T-ı	1,38	ı
D99%1 Ser.	Kontrol	4,29	A-I	3,56	F-S	2,68	P-g
	240 saat	5,07	ABC	3,65	E-S	2,10	a-ı
D99%3 Ser.	Kontrol	4,73	A-E	4,62	A-F	2,89	M-g
	240 saat	4,49	A-H	3,86	E-O	1,51	hı
D99%5 Ser.	Kontrol	3,87	E-O	2,98	L-e	2,13	Z-ı
	240 saat	3,38	H-V	3,42	G-U	1,38	ı
LSD± 0,2933							

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.63'e göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek ısıl işlem uygulanmayan, yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde, en düşük 212 °C'de ısıl işlem uygulanan, yüzeylerine %1 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan örnekler ile 212 °C'de ısıl işlem uygulanan, yüzeylerine %1 ZnO ile modifiye edilen D70 ve %5 ZnO ve %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernikleri uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.64'te verilmiştir.

Tablo 5.64 Ağaç türü- ısıtma işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait yüzeye yapışma direnci değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (ABCD)			Isıl İşlem					
			Kontrol		190 °C		212 °C	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	D70 Kontrol	Kontrol	3,27	e-o	2,44	t-4a	1,45	15a-19a
		240 saat	3,41	e-m	2,25	y-8a	1,44	15a-19a
	D70 %1 ZnO	Kontrol	2,28	v-7a	2,68	p-z	1,71	9a-18a
		240 saat	3,31	e-n	2,28	v-7a	1,41	15a-19a
	D70 %3 ZnO	Kontrol	3,62	Z-j	1,67	9a-18a	1,30	17a-19a
		240 saat	3,43	d-l	2,76	o-y	1,73	8a-17a
	D70 %5 ZnO	Kontrol	3,52	c-k	2,23	y-8a	1,51	14a-19a
		240 saat	3,28	e-o	2,65	p-1a	1,56	13a-19a
	D70 %1 Ser.	Kontrol	3,29	e-n	2,30	v-6a	1,44	15a-19a
		240 saat	3,37	e-m	2,55	t-2a	2,24	y-8a
	D70 %3 Ser.	Kontrol	2,60	s-1a	2,26	y-7a	1,10	19a**
		240 saat	2,77	o-y	2,45	t-3a	1,62	11a-19a
	D70 %5 Ser.	Kontrol	3,54	b-k	2,34	v-6a	1,88	5a-15a
		240 saat	2,25	y-8a	1,77	7a-17a	1,28	17a-19a
	D99 Kontrol	Kontrol	3,63	Z-j	3,15	i-p	1,69	9a-18a
		240 saat	2,81	n-v	2,45	t-3a	1,70	9a-18a
	D99%1 ZnO	Kontrol	3,55	b-k	1,46	15a-19a	1,25	17a-19a
		240 saat	3,55	b-k	2,44	t-4a	1,89	5a-15a
	D99%3 ZnO	Kontrol	3,30	e-n	2,55	t-2a	1,66	9a-18a
		240 saat	3,94	T-d	2,24	y-8a	1,72	9a-18a
	D99%5 ZnO	Kontrol	3,64	Z-ı	1,51	14a-19a	1,28	17a-19a
		240 saat	2,50	t-3a	2,55	t-2a	1,33	16a-19a
	D99%1 Ser.	Kontrol	3,31	e-n	2,38	u-5a	2,14	1a-11a
		240 saat	3,73	Y-g	2,12	1a-12a	1,61	12a-19a
	D99%3 Ser.	Kontrol	3,27	e-o	2,51	t-3a	2,00	3a-14a
		240 saat	3,25	e-o	2,56	t-2a	1,20	18a19a
	D99%5 Ser.	Kontrol	3,23	f-o	2,57	t-2a	1,65	10-18a
		240 saat	2,44	t-3a	1,87	5a-15a	1,42	15a-19a
Dişbudak	D70 Kontrol	Kontrol	3,97	T-c	3,75	Y-g	2,04	2a-13a
		240 saat	5,22	H-K	3,38	e-m	3,18	h-o
	D70 %1 ZnO	Kontrol	5,74	FG	2,91	m-u	1,91	5a-15a
		240 saat	2,54	t-2a	3,61	Z-j	1,40	15a-19a
	D70 %3 ZnO	Kontrol	2,44	t-4a	2,49	t-3a	2,46	t-3a
		240 saat	5,01	I-M	3,10	j-r	1,92	4a-15a
	D70 %5 ZnO	Kontrol	7,17	AB	4,19	R-Y	3,78	U-e
		240 saat	5,21	H-K	3,07	k-s	2,53	t-3a
	D70 %1 Ser.	Kontrol	3,30	e-n	4,71	L-P	2,48	t-3a
		240 saat	4,87	J-N	4,15	R-Y	3,31	e-n
	D70 %3 Ser.	Kontrol	3,59	a-k	4,25	P-V	3,47	c-k
		240 saat	2,89	m-u	2,94	l-t	2,16	z-10a
	D70 %5 Ser.	Kontrol	5,51	GH	4,11	R-Z	2,50	t-3a

Tablo 5.64'ün devamı

Dışbudak	D70 %5 Ser.	240 saat	3,75	V-f	4,31	O-T	3,13	ı-p
	D99 Kontrol	Kontrol	6,35	DE	5,82	FG	4,28	O--U
		240 saat	7,39	A*	5,39	GHI	3,58	a-k
	D99%1 ZnO	Kontrol	5,09	H-L	3,27	e-o	1,52	13a-19a
		240 saat	4,04	S-b	3,28	e-o	3,12	ı-r
	D99%3 ZnO	Kontrol	4,07	R-a	4,56	M-R	3,44	d-l
		240 saat	4,38	O-T	4,11	R-Z	2,44	t-4a
	D99%5 ZnO	Kontrol	6,86	BC	4,75	K-O	4,34	O-T
		240 saat	3,69	Y-h	2,17	z-9a	1,43	15a-19a
	D99%1 Ser.	Kontrol	5,27	HIJ	4,74	K-P	3,21	g-o
		240 saat	6,40	DE	5,18	H-L	2,60	s-1a
	D99%3 Ser.	Kontrol	6,20	EF	6,72	CD	3,78	U-e
		240 saat	5,73	G	5,15	H-L	1,83	6a-16a
	D99%5 Ser.	Kontrol	4,50	N-S	3,39	e-m	2,62	r-1a
		240 saat	4,31	O-T	4,97	I-N	1,34	16a-19a
LSD± 0,4148								

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değerini **: En düşük yüzeye yapışma direnci değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.64'e göre yüzeye yapışma direnci değeri; en yüksek ısıl işlem uygulanmayan (kontrol), yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dışbudakta, en düşük 212 °C'de ısıl işlem uygulanan, yüzeylerine %3 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) çamda tespit edilmiştir.

5.8 Vernik Katmanı Isı İletkenliği Katsayısına Ait Bulgular

Isıl işlem uygulanmış çam ve dışbudak odunlarının yüzeylerine nanoparçacıklar ile modifiye edildikten sonra uygulanan su bazlı verniklerin, UV yaşlandırma etkisi sonrası vernik katmanı ısı iletkenliği katsayısı değerlerine ilişkin veriler Tablo 5.65'te verilmiştir.

Tablo 5.65 Isı iletkenliği katsayısı değerlerine ait veriler

Faktör (ABCD)			Isı İletkenliği Katsayısı Değerleri							
			Ağaç Türü (A)							
			Çam				Dişbudak			
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	$\bar{X}$	Ss	X_{min}	X_{max}	$\bar{X}$	Ss	X_{min}	X_{max}
Kontrol	D70 Kontrol	Kontrol	0,1471	0,0066	0,1372	0,1551	0,1716	0,0047	0,1674	0,1791
		240 saat	0,1404	0,0051	0,1338	0,1477	0,1801	0,0034	0,1762	0,1847
	D70 %1 ZnO	Kontrol	0,1479	0,0042	0,1428	0,1542	0,1800	0,0019	0,1773	0,1819
		240 saat	0,1426	0,0032	0,1396	0,1477	0,1939	0,0025	0,1901	0,1962
	D70 %3 ZnO	Kontrol	0,1509	0,0011	0,1493	0,1522	0,2152	0,0021	0,2126	0,2179
		240 saat	0,1467	0,0017	0,1446	0,1486	0,2172	0,0025	0,2139	0,2205
	D70 %5 ZnO	Kontrol	0,1512	0,0005	0,1504	0,1516	0,2146	0,0032	0,2105	0,2193
		240 saat	0,1480	0,0017	0,1463	0,1497	0,2209	0,0025	0,2172	0,2234
	D70 %1 Ser.	Kontrol	0,1476	0,0018	0,1449	0,1498	0,1744	0,0014	0,1730	0,1765
		240 saat	0,1403	0,0061	0,1341	0,1498	0,2026	0,0030	0,1983	0,2058
	D70 %3 Ser.	Kontrol	0,1489	0,0030	0,1441	0,1519	0,1639	0,0032	0,1603	0,1683
		240 saat	0,1423	0,0021	0,1406	0,1457	0,1939	0,0015	0,1924	0,1963
	D70 %5 Ser.	Kontrol	0,1504	0,0031	0,1477	0,1553	0,1856	0,0018	0,1842	0,1884
		240 saat	0,1464	0,0011	0,1456	0,1482	0,1912	0,0032	0,1865	0,1944
	D99 Kontrol	Kontrol	0,1403	0,0071	0,1316	0,1507	0,1961	0,0025	0,1930	0,1997
		240 saat	0,1320	0,0047	0,1254	0,1380	0,2114	0,0057	0,2026	0,2178
	D99%1 ZnO	Kontrol	0,1400	0,0017	0,1384	0,1427	0,1968	0,0059	0,1891	0,2049
		240 saat	0,1321	0,0046	0,1273	0,1369	0,2332	0,0041	0,2279	0,2389
	D99%3 ZnO	Kontrol	0,1440	0,0036	0,1390	0,1487	0,2075	0,0015	0,2058	0,2099
		240 saat	0,1346	0,0041	0,1292	0,1389	0,2389	0,0023	0,2358	0,2421
	D99%5 ZnO	Kontrol	0,1802	0,0056	0,1735	0,1885	0,2128	0,0016	0,2107	0,2147
		240 saat	0,1421	0,0033	0,1382	0,1471	0,2459	0,0036	0,2413	0,2508
	D99%1 Ser.	Kontrol	0,1779	0,0034	0,1733	0,1825	0,2048	0,0029	0,2008	0,2091
		240 saat	0,1629	0,0019	0,1599	0,1647	0,2120	0,0066	0,2040	0,2217
	D99%3 Ser.	Kontrol	0,1563	0,0039	0,1506	0,1612	0,1989	0,0029	0,1958	0,2034
		240 saat	0,1493	0,0025	0,1459	0,1523	0,2070	0,0061	0,2000	0,2163
	D99%5 Ser.	Kontrol	0,1452	0,0061	0,1384	0,1546	0,1832	0,0012	0,1815	0,1847
		240 saat	0,1368	0,0025	0,1345	0,1405	0,1966	0,0023	0,1934	0,1995
190 °C	D70 Kontrol	Kontrol	0,1326	0,0037	0,1281	0,1381	0,1727	0,0026	0,1698	0,1768
		240 saat	0,1310	0,0009	0,1303	0,1324	0,1794	0,0010	0,1782	0,1810
	D70 %1 ZnO	Kontrol	0,1374	0,0008	0,1362	0,1383	0,1752	0,0016	0,1736	0,1778
		240 saat	0,1329	0,0009	0,1319	0,1343	0,1854	0,0021	0,1828	0,1885
	D70 %3 ZnO	Kontrol	0,1389	0,0014	0,1372	0,1410	0,1876	0,0014	0,1858	0,1896
		240 saat	0,1356	0,0009	0,1348	0,1370	0,1890	0,0014	0,1878	0,1912
	D70 %5 ZnO	Kontrol	0,1438	0,0016	0,1418	0,1460	0,1959	0,0023	0,1927	0,1989
		240 saat	0,1356	0,0035	0,1306	0,1391	0,2008	0,0022	0,1976	0,2031
	D70 %1 Ser.	Kontrol	0,1337	0,0033	0,1294	0,1384	0,1588	0,0028	0,1569	0,1631
		240 saat	0,1306	0,0036	0,1269	0,1359	0,1941	0,0035	0,1887	0,1970
	D70 %3 Ser.	Kontrol	0,1371	0,0045	0,1299	0,1410	0,1572	0,0039	0,1523	0,1622
		240 saat	0,1321	0,0016	0,1307	0,1346	0,1793	0,0038	0,1759	0,1851
	D70 %5 Ser.	Kontrol	0,1414	0,0018	0,1386	0,1431	0,1807	0,0018	0,1793	0,1835
		240 saat	0,1346	0,0039	0,1291	0,1389	0,1863	0,0027	0,1844	0,1905
	D99 Kontrol	Kontrol	0,1286	0,0033	0,1246	0,1336	0,1736	0,0053	0,1661	0,1803
		240 saat	0,1214	0,0020	0,1183	0,1236	0,1851	0,0026	0,1815	0,1882
	D99%1 ZnO	Kontrol	0,1306	0,0011	0,1297	0,1322	0,1713	0,0037	0,1665	0,1758
		240 saat	0,1293	0,0019	0,1263	0,1314	0,1974	0,0037	0,1927	0,2024
	D99%3 ZnO	Kontrol	0,1341	0,0033	0,1301	0,1390	0,1770	0,0051	0,1704	0,1841
		240 saat	0,1299	0,0041	0,1268	0,1367	0,1942	0,0014	0,1932	0,1963
	D99%5 ZnO	Kontrol	0,1534	0,0032	0,1492	0,1577	0,1877	0,0040	0,1824	0,1932
		240 saat	0,1365	0,0036	0,1307	0,1399	0,2006	0,0008	0,1995	0,2017

Tablo 5.65'in devamı

190 °C	D99%1 Ser.	Kontrol	0,1663	0,0018	0,1640	0,1688	0,1823	0,0036	0,1773	0,1863
		240 saat	0,1486	0,0054	0,1424	0,1569	0,1910	0,0024	0,1882	0,1942
	D99%3 Ser.	Kontrol	0,1399	0,0023	0,1368	0,1429	0,1746	0,0037	0,1697	0,1795
		240 saat	0,1312	0,0061	0,1219	0,1384	0,1820	0,0029	0,1800	0,1865
	D99%5 Ser.	Kontrol	0,1321	0,0021	0,1290	0,1348	0,1691	0,0020	0,1664	0,1718
		240 saat	0,1251	0,0044	0,1181	0,1291	0,1776	0,0016	0,1759	0,1798
212 °C	D70 Kontrol	Kontrol	0,1215	0,0024	0,1180	0,1244	0,1731	0,0022	0,1698	0,1758
		240 saat	0,1178	0,0005	0,1173	0,1186	0,1619	0,0034	0,1569	0,1651
	D70 %1 ZnO	Kontrol	0,1224	0,0045	0,1157	0,1279	0,1393	0,0237	0,1112	0,1748
		240 saat	0,1156	0,0025	0,1129	0,1194	0,1752	0,0022	0,1724	0,1784
	D70 %3 ZnO	Kontrol	0,1239	0,0013	0,1221	0,1254	0,1684	0,0028	0,1647	0,1722
		240 saat	0,1219	0,0039	0,1193	0,1287	0,1830	0,0025	0,1796	0,1862
	D70 %5 ZnO	Kontrol	0,1336	0,0027	0,1298	0,1370	0,1763	0,0010	0,1750	0,1776
		240 saat	0,1254	0,0021	0,1236	0,1287	0,1786	0,0037	0,1753	0,1842
	D70 %1 Ser.	Kontrol	0,1237	0,0023	0,1203	0,1264	0,1580	0,0029	0,1541	0,1620
		240 saat	0,1205	0,0061	0,1158	0,1309	0,1811	0,0015	0,1791	0,1828
	D70 %3 Ser.	Kontrol	0,1286	0,0037	0,1227	0,1322	0,1549	0,0043	0,1518	0,1616
		240 saat	0,1201	0,0028	0,1178	0,1246	0,1739	0,0030	0,1695	0,1767
	D70 %5 Ser.	Kontrol	0,1328	0,0024	0,1295	0,1356	0,1774	0,0019	0,1749	0,1796
		240 saat	0,1255	0,0011	0,1242	0,1272	0,1806	0,0008	0,1797	0,1817
	D99 Kontrol	Kontrol	0,1231	0,0015	0,1215	0,1255	0,1717	0,0012	0,1702	0,1734
		240 saat	0,1164	0,0032	0,1119	0,1197	0,1800	0,0014	0,1785	0,1820
	D99 %1 ZnO	Kontrol	0,1267	0,0007	0,1261	0,1278	0,1710	0,0021	0,1679	0,1736
		240 saat	0,1222	0,0035	0,1185	0,1277	0,1893	0,0031	0,1857	0,1941
	D99 %3 ZnO	Kontrol	0,1274	0,0015	0,1258	0,1298	0,1718	0,0046	0,1658	0,1781
		240 saat	0,1208	0,0052	0,1160	0,1284	0,1914	0,0048	0,1842	0,1972
	D99 %5 ZnO	Kontrol	0,1485	0,0009	0,1474	0,1499	0,1756	0,0053	0,1684	0,1827
		240 saat	0,1272	0,0007	0,1266	0,1283	0,1979	0,0042	0,1930	0,2038
	D99 %1 Ser.	Kontrol	0,1576	0,0043	0,1514	0,1631	0,1823	0,0047	0,1759	0,1885
		240 saat	0,1371	0,0023	0,1335	0,1395	0,1918	0,0066	0,1820	0,1998
	D99 %3 Ser.	Kontrol	0,1266	0,0012	0,1248	0,1281	0,1688	0,0055	0,1606	0,1755
		240 saat	0,1208	0,0018	0,1180	0,1227	0,1769	0,0009	0,1756	0,1777
	D99 %5 Ser.	Kontrol	0,1277	0,0011	0,1262	0,1291	0,1647	0,0042	0,1593	0,1705
		240 saat	0,1191	0,0053	0,1110	0,1252	0,1713	0,0030	0,1670	0,1752

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, **: Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Vernik katmanı ısı iletkenliği katsayısı değerleri, ağaç 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 Tablo 5.66'da verilmiştir.

Tablo 5.66 Isı iletkenliği katsayısı değeri varyans analizi sonuçları

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	0,520	0,520	36596,719	0,000*
Isıl İşlem (B)	2	0,084	0,042	2953,354	0,000*
Vernik Çeşidi (C)	13	0,049	0,004	267,409	0,000*
Yaşlandırma Periyodu (D)	1	0,002	0,002	138,095	0,000*
Etkileşim (AB)	2	0,002	0,001	86,914	0,000*
Etkileşim (AC)	13	0,019	0,001	101,373	0,000*
Etkileşim (AD)	1	0,026	0,026	1846,316	0,000*
Etkileşim (BC)	26	0,008	0,000	22,083	0,000*
Etkileşim (BD)	2	7,916E-05	3,958E-05	2,787	0,062**
Etkileşim (CD)	13	0,005	0,000	29,670	0,000*
Etkileşim (ABC)	26	0,007	0,000	20,278	0,000*
Etkileşim (ABD)	2	0,000	0,000	16,410	0,000*
Etkileşim (ACD)	13	0,007	0,001	37,160	0,000*
Etkileşim (BCD)	26	0,001	5,366E-05	3,778	0,000*
Etkileşim (ABCD)	26	0,003	9,737E-05	6,856	0,000*
Hata	672	0,010	1,420E-05		
Toplam	840	22,611			

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

Tablo 5.66'ya göre; ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri, ısıl işlem - yaşlandırma etkileşimi (BD) haricinde anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.67'de verilmiştir.

Tablo 5.67 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde ısı iletkenliği katsayısı değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	LSD±
Ağaç Türü (A)	Çam	0,1365	B	0,0005
	Dişbudak	0,1862	A*	
Isıl İşlem (B)	Kontrol	0,1745	A*	0,0006
	190 °C	0,1591	B	
	212 °C	0,1504	C	
Vernik Çeşidi (C)	D70 Kontrol	0,1524	G	0,0013
	D70 %1 ZnO	0,1540	F	
	D70 %3 ZnO	0,1649	C	
	D70 %5 ZnO	0,1687	B	
	D70 %1 Ser.	0,1554	E	
	D70 %3 Ser.	0,1527	FG	
	D70 %5 Ser.	0,1611	D	
	D99 Kontrol	0,1566	E	
	D99 %1 ZnO	0,1617	D	
	D99 %3 ZnO	0,1643	C	
	D99 %5 ZnO	0,1757	A*	
	D99 %1 Ser.	0,1762	A*	
	D99 %3 Ser.	0,1610	D	
	D99 %5 Ser.	0,1540	F	
Yaşlandırma Periyodu (D)	Kontrol	0,1598	B	0,0005
	240 Saat	0,1629	A*	

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.67'ye göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; ağaç türü düzeyinde en yüksek dişbudakta tespit edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde en yüksek kontrol grubunda, en düşük 212 °C'de ısıt işlem uygulanan grupta tespit edilmiştir. Vernik çeşidinde en yüksek yüzeylere %5 ZnO ve %1 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan örneklerde, en düşük yüzeylere modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan örneklerde tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodunda en yüksek 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem (AB) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.68'de verilmiştir.

Tablo 5.68 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AB	Kontrol		190 °C		212 °C	
		HG		HG		HG
Çam	0,1473	D	0,1359	E	0,1262	F
Dişbudak	0,2018	A*	0,1824	B	0,1745	C
LSD± 0,0009						

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **B**: Isıt işlem, *****: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.68'e göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; en yüksek ısıt işlem uygulanmayan dişbudakta, en düşük 212 °C'de ısıt işlem uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.69'da verilmiştir.

Tablo 5.69 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AC	Çam		Dişbudak	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	0,1317	I-L	0,1732	F
D70 %1 ZnO	0,1331	I-L	0,1748	F
D70 %3 ZnO	0,1363	IJK	0,1934	BC
D70 %5 ZnO	0,1396	I	0,1978	AB
D70 %1 Ser.	0,1327	I-L	0,1782	EF
D70 %3 Ser.	0,1349	I-L	0,1705	F
D70 %5 Ser.	0,1385	IJ	0,1836	DE
D99 Kontrol	0,1270	L	0,1863	BCD
D99 %1 ZnO	0,1302	KL	0,1932	BC
D99 %3 ZnO	0,1318	I-L	0,1968	AB
D99 %5 ZnO	0,1480	H	0,2034	A*
D99 %1 Ser.	0,1584	G	0,1940	B
D99 %3 Ser.	0,1373	IJK	0,1847	DE
D99 %5 Ser.	0,1310	JKL	0,1771	EF
LSD± 0,0019				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **C**: Vernik Çeşidi, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.69'a göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; en yüksek yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan dişbudakta, en düşük yüzeylerine modifiye edilmeyen D99 kontrol vernik uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.70'te verilmiştir.

Tablo 5.70. Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	0,1405	C	0,1324	D
Dişbudak	0,1791	B	0,1933	A*
LSD± 0,0007				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, D: Yaşlandırma Periyodu, *: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.70'e göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; en yüksek 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.71'de verilmiştir.

Tablo 5.71 Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör BC	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	0,1598	F-M	0,1539	H-N	0,1436	MN
D70 %1 ZnO	0,1661	C-K	0,1577	F-N	0,1381	N
D70 %3 ZnO	0,1825	A-D	0,1628	C-M	0,1493	I-N
D70 %5 ZnO	0,1837	ABC	0,1690	C-J	0,1535	H-N
D70 %1 Ser.	0,1662	C-K	0,1543	G-N	0,1458	K-N
D70 %3 Ser.	0,1623	D-M	0,1514	H-N	0,1444	LMN
D70 %5 Ser.	0,1684	C-J	0,1607	E-M	0,1541	H-N
D99 Kontrol	0,1699	B-I	0,1522	H-N	0,1478	J-N
D99 %1 ZnO	0,1755	B-G	0,1571	F-N	0,1523	H-N
D99 %3 ZnO	0,1812	A-E	0,1588	F-N	0,1529	H-N
D99 %5 ZnO	0,1953	A*	0,1695	B-J	0,1623	D-M
D99 %1 Ser.	0,1894	AB	0,1721	B-H	0,1672	C-K
D99 %3 Ser.	0,1779	A-F	0,1569	F-N	0,1483	I-N
D99 %5 Ser.	0,1654	C-L	0,1510	H-N	0,1457	K-N
LSD± 0,0023						

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.71'e göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; en yüksek ısıl işlem uygulanmayan (kontrol) ve yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan örneklerde, en düşük 212 °C'de ısıl işlem uygulanan ve yüzeylerine %1 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.72'de verilmiştir.

Tablo 5.72 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	0,1531	E-H	0,1518	E-H
D70 %1 ZnO	0,1504	FGH	0,1576	C-H
D70 %3 ZnO	0,1642	A-H	0,1656	A-H
D70 %5 ZnO	0,1693	A-E	0,1682	A-F
D70 %1 Ser.	0,1494	GH	0,1615	A-H
D70 %3 Ser.	0,1484	H	0,1569	C-H
D70 %5 Ser.	0,1614	A-H	0,1608	A-H
D99 Kontrol	0,1556	E-H	0,1577	C-H
D99 %1 ZnO	0,1561	D-H	0,1673	A-G
D99 %3 ZnO	0,1603	B-H	0,1683	A-F
D99 %5 ZnO	0,1764	AB	0,1750	ABC
D99 %1 Ser.	0,1785	A*	0,1739	A-D
D99 %3 Ser.	0,1609	A-H	0,1612	A-H
D99 %5 Ser.	0,1536	E-H	0,1544	E-H
LSD± 0,0019				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **C**: Vernik Çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir

Tablo 5.72'ye göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; en yüksek yüzeylerine %1 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde, en düşük yüzeylerine %3 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi (ABC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.73'te verilmiştir.

Tablo 5.73 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABC	Çam						Dişbudak					
	Kontrol		190 °C		212 °C		Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	0,1438	a-f	0,1318	h-l	0,1196	o	0,1759	N-S	0,1761	N-S	0,1675	STU
D70 %1 ZnO	0,1453	Z-d	0,1351	f-j	0,1190	o	0,1870	H-L	0,1803	J-O	0,1573	VY
D70 %3 ZnO	0,1488	Za	0,1373	d-j	0,1229	l-o	0,2162	BCD	0,1883	H-K	0,1757	N-S
D70 %5 ZnO	0,1496	Yza	0,1397	b-h	0,1295	ı-m	0,2177	BC	0,1984	FG	0,1775	M-R
D70 %1 Ser.	0,1439	a-f	0,1322	g-k	0,1221	mno	0,1885	HIJ	0,1764	N-S	0,1696	STU
D70 %3 Ser.	0,1456	Z-d	0,1346	g-j	0,1244	k-o	0,1789	L-P	0,1683	STU	0,1644	TUV
D70 %5 Ser.	0,1484	Zab	0,1380	d-ı	0,1292	ı-m	0,1884	HIJ	0,1835	I-N	0,1790	L-P
D99 Kontrol	0,1361	e-j	0,1250	k-o	0,1198	no	0,2037	EF	0,1793	K-P	0,1759	N-S
D99 %1 ZnO	0,1361	e-j	0,1300	ı-m	0,1245	k-o	0,2150	CD	0,1843	I-N	0,1802	J-O
D99 %3 ZnO	0,1393	c-h	0,1320	g-k	0,1241	k-o	0,2232	AB	0,1856	H-M	0,1816	I-O
D99 %5 ZnO	0,1612	UV	0,1450	Z-e	0,1379	d-ı	0,2294	A*	0,1941	GH	0,1868	H-L
D99 %1 Ser.	0,1704	P-T	0,1575	VY	0,1474	Z-c	0,2084	DE	0,1867	H-L	0,1870	H-L
D99 %3 Ser.	0,1528	YZ	0,1355	f-j	0,1237	k-o	0,2030	EF	0,1783	L-R	0,1729	O-T
D99 %5 Ser.	0,1410	a-g	0,1286	j-n	0,1234	k-o	0,1899	HI	0,1733	O-S	0,1680	STU
LSD± 0,0033												

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç Türü, B: Isıl İşlem, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.73'e göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; en yüksek ısıt işlem uygulanmayan (kontrol) ve yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan dişbudakta, en düşük 212 °C'de ısıt işlem uygulanan, yüzeylerine modifiye edilmeyen (kontrol) ve %1 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.74'te verilmiştir.

Tablo 5.74 Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu			
		Kontrol		240 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	Kontrol	0,1520	G	0,1426	H
	190 °C	0,1393	H	0,1324	I
	212 °C	0,1303	I	0,1222	J
Dişbudak	Kontrol	0,1932	B	0,2103	A*
	190 °C	0,1760	E	0,1887	C
	212 °C	0,1681	F	0,1809	D
LSD± 0,0012					

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, D: Yaşlandırma periyodu, *: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.74'e göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; en yüksek ısı işlem uygulanmayan (kontrol) ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dışbudakta, en düşük 212 °C'de ısı işlem uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.75'te verilmiştir.

Tablo 5.75 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ACD	Çam				Dışbudak			
	Kontrol		240 Saat		Kontrol		240 Saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
D70 Kontrol	0,1337	P-V	0,1297	TUV	0,1725	KLM	0,1738	KL
D70 %1 ZnO	0,1359	P-U	0,1304	S-V	0,1648	LMN	0,1849	G-J
D70 %3 ZnO	0,1379	P-T	0,1348	P-U	0,1904	D-I	0,1964	DE
D70 %5 ZnO	0,1429	OP	0,1363	P-U	0,1956	DEF	0,2001	BCD
D70 %1 Ser.	0,1350	P-U	0,1304	S-V	0,1637	MN	0,1926	D-G
D70 %3 Ser.	0,1382	P-T	0,1315	R-V	0,1587	N	0,1824	G-K
D70 %5 Ser.	0,1415	OPR	0,1355	P-U	0,1813	IJK	0,1860	F-J
D99 Kontrol	0,1307	S-V	0,1233	U	0,1804	IJK	0,1922	D-H
D99 %1 ZnO	0,1325	P-V	0,1279	TUV	0,1797	JK	0,2066	ABC
D99 %3 ZnO	0,1352	P-U	0,1284	TUV	0,1854	F-J	0,2082	AB
D99 %5 ZnO	0,1607	N	0,1353	P-U	0,1921	D-H	0,2148	A*
D99 %1 Ser.	0,1673	LMN	0,1495	O	0,1898	E-J	0,1983	CDE
D99 %3 Ser.	0,1409	O-S	0,1337	P-V	0,1808	IJK	0,1886	E-J
D99 %5 Ser.	0,1350	P-U	0,1270	UV	0,1723	KLM	0,1818	H-K
LSD± 0,0027								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.75'e göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; en yüksek yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dışbudakta, en düşük yüzeylerine modifiye edilmemiş D99 kontrol verniği uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.76'da verilmiştir.

Tablo 5.76 Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (BCD)		Kontrol		190 °C		212 °C	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
D70 Kontrol	Kontrol	0,1593	D-M	0,1527	F-M	0,1473	I-M
	240 saat	0,1603	C-M	0,1552	E-M	0,1398	LM
D70 %1 ZnO	Kontrol	0,1640	B-L	0,1563	D-M	0,1308	M
	240 saat	0,1683	A-L	0,1592	D-M	0,1454	J-M
D70 %3 ZnO	Kontrol	0,1831	A-G	0,1633	B-L	0,1462	I-M
	240 saat	0,1820	A-H	0,1623	C-M	0,1525	F-M
D70 %5 ZnO	Kontrol	0,1829	A-H	0,1699	A-L	0,1550	E-M
	240 saat	0,1845	A-F	0,1682	A-L	0,1520	G-M
D70 %1 Ser.	Kontrol	0,1610	C-M	0,1462	I-M	0,1408	LM
	240 saat	0,1715	A-L	0,1623	C-M	0,1508	G-M
D70 %3 Ser.	Kontrol	0,1564	D-M	0,1471	I-M	0,1418	KLM
	240 saat	0,1681	A-L	0,1557	D-M	0,1470	I-M
D70 %5 Ser.	Kontrol	0,1680	A-L	0,1610	C-M	0,1551	E-M
	240 saat	0,1688	A-L	0,1604	C-M	0,1530	F-M
D99 Kontrol	Kontrol	0,1682	A-L	0,1511	G-M	0,1474	I-M
	240 saat	0,1717	A-L	0,1532	F-M	0,1482	I-M
D99%1 ZnO	Kontrol	0,1684	A-L	0,1510	G-M	0,1489	I-M
	240 saat	0,1827	A-H	0,1633	B-L	0,1558	D-M
D99%3 ZnO	Kontrol	0,1758	A-J	0,1555	D-M	0,1496	I-M
	240 saat	0,1867	A-E	0,1620	C-M	0,1561	D-M
D99%5 ZnO	Kontrol	0,1965	A*	0,1706	A-L	0,1621	C-M
	240 saat	0,1940	AB	0,1685	A-L	0,1626	B-M
D99%1 Ser.	Kontrol	0,1914	ABC	0,1743	A-K	0,1699	A-L
	240 saat	0,1875	A-D	0,1698	A-L	0,1645	B-L
D99%3 Ser.	Kontrol	0,1776	A-J	0,1573	D-M	0,1477	I-M
	240 saat	0,1781	A-I	0,1566	D-M	0,1488	I-M
D99%5 Ser.	Kontrol	0,1642	B-L	0,1506	H-M	0,1462	I-M
	240 saat	0,1667	A-L	0,1513	G-M	0,1452	J-M
LSD± 0,0033							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.76'ya göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; en yüksek ısıl işlem uygulanmayan (kontrol), yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde, en düşük 212 °C'de ısıl işlem uygulanan, yüzeylerine %1 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.77'de verilmiştir.

Tablo 5.77 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait ısı iletkenliği katsayısı değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (ABCD)			Isıl İşlem					
			Kontrol		190 °C		212 °C	
			$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	D70 Kontrol	Kontrol	0,1471	1a-5a	0,1326	15a-21a	0,1215	30a-34a
		240 saat	0,1404	7a-12a	0,1310	17a-24a	0,1178	33a34a35a
	D70 %1 ZnO	Kontrol	0,1479	z-4a	0,1374	9a-15a	0,1224	28a-33a
		240 saat	0,1426	4a-9a	0,1329	15a-21a	0,1156	35a**
	D70 %3 ZnO	Kontrol	0,1509	yz1a	0,1389	8a-14a	0,1239	26a-32a
		240 saat	0,1467	1a-6a	0,1356	12a-18a	0,1219	29a-34a
	D70 %5 ZnO	Kontrol	0,1512	yz1a	0,1438	3a-8a	0,1336	14a-20a
		240 saat	0,1480	z-4a	0,1356	12a-18a	0,1254	24a-31a
	D70 %1 Ser.	Kontrol	0,1476	1a-5a	0,1337	14a-20a	0,1237	26a-32a
		240 saat	0,1403	7a-13a	0,1306	18a-25a	0,1205	31a-35a
	D70 %3 Ser.	Kontrol	0,1489	z-3a	0,1371	9a-15a	0,1286	20a-27a
		240 saat	0,1423	5a-10a	0,1321	15a-22a	0,1201	31a-35a
	D70 %5 Ser.	Kontrol	0,1504	z1a2a	0,1414	6a-11a	0,1328	15a-21a
		240 saat	0,1464	1a-6a	0,1346	13a-19a	0,1255	23a-31a
	D99 Kontrol	Kontrol	0,1403	7a-13a	0,1286	20a-27a	0,1231	27a-33a
		240 saat	0,1320	15a-22a	0,1214	30a-34a	0,1164	34a35a
	D99%1 ZnO	Kontrol	0,1400	7a-13a	0,1306	18a-25a	0,1267	22a-30a
		240 saat	0,1321	15a-22a	0,1293	19a-26a	0,1222	28a-33a
	D99%3 ZnO	Kontrol	0,1440	3a-8a	0,1341	14a-20a	0,1274	21a-29a
		240 saat	0,1346	13a-19a	0,1299	18a-25a	0,1208	31a-35a
	D99%5 ZnO	Kontrol	0,1802	V-e	0,1534	vyz	0,1485	z-3a
		240 saat	0,1421	5a-11a	0,1365	11a-17a	0,1272	21a-29a
	D99%1 Ser.	Kontrol	0,1779	Z-ı	0,1663	rs	0,1576	uv
		240 saat	0,1629	st	0,1486	z-3a	0,1371	9a-15a
	D99%3 Ser.	Kontrol	0,1563	v	0,1399	7a-13a	0,1266	22a-30a
		240 saat	0,1493	z-3a	0,1312	16a-23a	0,1208	31a-35a
	D99%5 Ser.	Kontrol	0,1452	2a-7a	0,1321	15a-22a	0,1277	21a-28a
		240 saat	0,1368	10a-16a	0,1251	25a-31a	0,1191	32a-35a
Dişbudak	D70 Kontrol	Kontrol	0,1716	k-p	0,1727	ı-o	0,1731	h-o
		240 saat	0,1801	V-f	0,1794	Y-g	0,1619	stu
	D70 %1 ZnO	Kontrol	0,1800	V-f	0,1752	d-l	0,1393	8a-14a
		240 saat	0,1939	L-O	0,1854	S-V	0,1752	d-l
	D70 %3 ZnO	Kontrol	0,2152	EF	0,1876	P-T	0,1684	opr
		240 saat	0,2172	DE	0,1890	O-S	0,1830	T-Z
	D70 %5 ZnO	Kontrol	0,2146	EF	0,1959	K-N	0,1763	b-l
		240 saat	0,2209	D	0,2008	IJK	0,1786	Z-h
	D70 %1 Ser.	Kontrol	0,1744	f-n	0,1588	tuv	0,1580	tuv
		240 saat	0,2026	HIJ	0,1941	L-O	0,1811	U-c
	D70 %3 Ser.	Kontrol	0,1639	rs	0,1572	uv	0,1549	vy
		240 saat	0,1939	L-O	0,1793	Z-g	0,1739	g-o
	D70 %5 Ser.	Kontrol	0,1856	S-V	0,1807	U-d	0,1774	Z-j
		240 saat	0,1912	M-R	0,1863	R-U	0,1806	V-d
	D99 Kontrol	Kontrol	0,1961	K-N	0,1736	h-o	0,1717	k-p
		240 saat	0,2114	FG	0,1851	S-Y	0,1800	V-f

Tablo 5.77'nin devamı

Dişbudak	D99%1 ZnO	Kontrol	0,1968	KLM	0,1713	k-p	0,1710	l-p
		240 saat	0,2332	C	0,1974	JKL	0,1893	O-S
	D99%3 ZnO	Kontrol	0,2075	GH	0,1770	a-k	0,1718	j-p
		240 saat	0,2389	B	0,1942	L-O	0,1914	M-R
	D99%5 ZnO	Kontrol	0,2128	EF	0,1877	P-T	0,1756	c-l
		240 saat	0,2459	A*	0,2006	IJK	0,1979	JKL
	D99%1 Ser.	Kontrol	0,2048	HI	0,1823	T-a	0,1823	T-a
		240 saat	0,2120	EFG	0,1910	N-R	0,1918	M-P
	D99%3 Ser.	Kontrol	0,1989	JKL	0,1746	e-m	0,1688	n-r
		240 saat	0,2070	GH	0,1820	U-b	0,1769	a-k
	D99%5 Ser.	Kontrol	0,1832	T-Z	0,1691	m-r	0,1647	rs
		240 saat	0,1966	K-N	0,1776	Z-ı	0,1713	k-p
LSD± 0,0047								

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *: En yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerini **: En düşük ısı iletkenliği katsayısı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.77'ye göre ısı iletkenliği katsayısı değeri; en yüksek ısıl işlem uygulanmayan (kontrol), yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan dişbudakta, en düşük 212 °C'de ısıl işlem uygulanan, yüzeylerine %1 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

5.9 Vernik Katmanı Toplam Renk Değişimine Ait Bulgular

Isıl işlem uygulanmış çam ve dişbudak odunlarının yüzeylerine nanoparçacıklar ile modifiye edildikten sonra uygulanan su bazlı verniklerin, UV yaşlandırma etkisi sonrası vernik katmanı toplam renk değişimi değerlerine ilişkin veriler Tablo 5.78'de verilmiştir.

Tablo 5.78 Toplam renk değişimi değerlerine ait veriler

Faktör (ABCD)			Toplam Renk Değişimi Değerleri							
			Ağaç Türü (A)							
			Çam				Dişbudak			
Isıl İşlem (B)	Vernik Çeşidi (C)	Yaşlandırma Periyodu (D)	$\bar{X}$	Ss	Xmin	Xmax	$\bar{X}$	Ss	Xmin	Xmax
** Kontrol	D70 Kontrol	240 saat	22,18	1,13	20,93	24,18	15,53	0,75	14,07	16,28
	D70 %1 ZnO	Kontrol	4,35	0,97	3,19	6,00	8,70	2,08	4,81	11,34
		240 saat	24,60	1,01	22,95	25,74	19,80	0,97	18,08	21,05
	D70 %3 ZnO	Kontrol	6,88	1,90	4,40	10,89	9,85	1,84	6,97	12,90
		240 saat	27,02	1,46	24,68	29,15	22,75	1,10	20,83	23,83
	D70 %5 ZnO	Kontrol	2,99	1,35	1,63	5,32	4,93	2,01	2,21	7,60
		240 saat	29,08	1,18	26,88	30,29	22,84	0,81	21,95	24,76
	D70 %1 Ser.	Kontrol	3,02	1,06	1,21	4,58	2,28	0,86	0,93	3,60
		240 saat	23,03	1,20	21,01	24,94	18,08	1,04	16,49	19,88
	D70 %3 Ser.	Kontrol	2,94	1,32	1,49	5,69	5,00	3,68	1,30	13,28
		240 saat	23,10	1,01	21,47	24,14	17,26	0,99	16,00	18,90
	D70 %5 Ser.	Kontrol	3,21	1,54	0,53	5,52	3,94	3,25	1,03	9,99
		240 saat	24,14	1,19	21,95	26,28	18,20	1,06	16,56	19,38
	D99 Kontrol	240 saat	20,90	0,90	19,66	22,55	17,28	1,82	14,48	19,50
	D99 %1 ZnO	Kontrol	2,27	0,99	0,80	3,45	8,47	4,49	1,91	14,02
		240 saat	20,32	2,13	17,78	22,93	17,92	1,51	14,80	19,45
	D99 %3 ZnO	Kontrol	1,58	0,55	0,92	2,26	6,94	4,21	1,36	13,56
		240 saat	17,80	2,00	13,23	20,55	17,26	1,93	14,01	19,86
	D99 %5 ZnO	Kontrol	2,65	1,38	0,39	4,55	5,99	4,52	0,81	12,85
		240 saat	18,86	1,38	16,77	20,89	17,05	1,48	15,24	19,53
	D99 %1 Ser.	Kontrol	2,32	1,20	0,77	4,55	11,43	2,36	7,77	15,79
		240 saat	17,23	1,58	15,06	19,84	16,22	1,86	13,04	18,10
	D99 %3 Ser.	Kontrol	8,62	19,68	0,69	64,53	5,11	2,53	1,61	10,02
		240 saat	18,52	0,80	17,27	19,43	15,08	1,51	12,72	17,04
	D99 %5 Ser.	Kontrol	3,89	1,34	1,70	5,25	5,15	2,86	1,46	10,77
		240 saat	23,24	1,06	21,57	24,50	18,28	1,95	15,44	20,40
190 °C	D70 Kontrol	240 saat	5,39	0,59	4,54	6,33	8,54	1,88	5,91	11,66
	D70 %1 ZnO	Kontrol	8,31	0,38	7,66	8,84	22,10	1,26	19,74	23,30
		240 saat	6,95	0,33	6,35	7,38	8,68	2,02	7,15	13,17
	D70 %3 ZnO	Kontrol	14,89	2,30	11,98	18,56	26,27	1,88	23,39	28,68
		240 saat	12,80	0,75	11,43	13,89	6,26	2,64	3,47	11,06
	D70 %5 ZnO	Kontrol	4,55	0,72	3,49	5,70	6,40	3,17	1,80	10,44
		240 saat	15,78	0,55	15,12	16,56	9,14	1,51	6,54	11,11
	D70 %1 Ser.	Kontrol	1,43	0,64	0,44	2,56	4,30	1,49	1,95	6,58
		240 saat	5,90	0,68	5,15	7,36	7,55	1,91	5,08	11,11
	D70 %3 Ser.	Kontrol	1,98	0,75	0,79	3,13	2,82	1,42	1,68	6,42
		240 saat	6,10	0,68	5,42	7,81	7,98	1,73	5,68	11,59
	D70 %5 Ser.	Kontrol	1,14	0,53	0,34	2,11	3,05	1,43	1,29	5,05
		240 saat	5,89	0,59	5,24	7,31	11,67	2,31	7,83	15,59
	D99 Kontrol	240 saat	6,90	0,80	5,98	8,22	3,88	2,83	1,17	8,48
	D99 %1 ZnO	Kontrol	2,04	0,89	0,84	3,38	4,78	3,34	1,23	10,67
		240 saat	8,70	0,59	7,62	9,67	7,93	3,61	2,15	12,29
	D99 %3 ZnO	Kontrol	1,38	0,65	0,31	2,54	10,35	3,11	5,88	15,46
		240 saat	6,63	0,86	5,31	7,75	5,04	3,30	0,71	11,25
	D99 %5 ZnO	Kontrol	1,60	0,77	0,29	2,92	6,45	4,85	1,10	14,17
		240 saat	5,75	0,85	4,79	7,38	3,03	1,69	0,98	5,80
	D99 %1 Ser.	Kontrol	1,65	0,94	0,45	3,25	5,33	3,98	1,85	14,76
		240 saat	4,04	1,06	2,40	5,99	3,96	2,87	0,70	9,39
	D99 %3 Ser.	Kontrol	3,29	1,53	2,18	7,44	5,57	1,76	2,89	8,58
		240 saat	5,48	1,00	4,60	7,45	6,68	5,07	1,48	18,07
	D99 %5 Ser.	Kontrol	2,81	0,88	1,50	4,78	3,57	2,60	1,23	9,34
		240 saat	10,52	0,78	9,72	11,82	7,62	3,70	2,75	12,51

Tablo 5.78'in devamı

212 °C	D70 Kontrol	240 saat	4,26	0,89	3,58	6,03	4,73	1,99	1,71	7,83
	D70 %1 ZnO	Kontrol	20,94	4,02	16,01	25,19	24,46	0,70	23,46	25,78
		240 saat	1,62	0,57	0,89	2,91	4,59	2,01	1,97	7,72
	D70 %3 ZnO	Kontrol	27,03	1,11	24,43	28,22	27,12	1,54	24,12	28,92
		240 saat	3,94	2,38	1,40	7,55	3,77	1,82	1,59	6,10
	D70 %5 ZnO	Kontrol	3,50	0,96	2,54	5,81	3,82	1,86	1,75	6,88
		240 saat	2,37	0,50	1,66	2,97	3,81	1,38	2,02	6,60
	D70 %1 Ser.	Kontrol	4,33	1,70	1,50	7,39	4,64	1,16	3,04	6,57
		240 saat	5,94	0,75	4,70	6,91	4,68	1,20	2,90	7,01
	D70 %3 Ser.	Kontrol	5,76	1,44	3,57	8,47	1,59	0,84	0,71	3,00
		240 saat	3,77	2,35	0,98	7,08	10,08	1,59	7,45	12,19
	D70 %5 Ser.	Kontrol	2,94	2,05	0,74	6,25	2,65	1,25	1,09	5,13
		240 saat	1,14	0,28	0,79	1,52	7,39	1,47	4,68	9,73
	D99 Kontrol	240 saat	2,67	1,78	0,73	6,34	6,37	2,82	2,13	10,46
	D99 %1 ZnO	Kontrol	3,36	1,43	0,91	6,03	2,74	1,26	0,79	4,71
		240 saat	2,88	1,89	0,90	5,87	3,65	3,24	0,60	9,67
	D99 %3 ZnO	Kontrol	2,90	1,17	1,20	5,16	3,25	1,93	0,93	7,32
		240 saat	3,49	1,68	0,85	6,05	5,35	3,17	1,26	10,85
	D99 %5 ZnO	Kontrol	3,59	2,09	1,03	6,41	3,47	1,52	1,34	6,40
		240 saat	2,98	1,66	0,80	5,96	5,01	2,70	1,47	9,12
	D99 %1 Ser.	Kontrol	2,82	1,70	0,43	5,98	2,56	1,70	0,36	5,89
		240 saat	3,82	1,53	1,35	5,88	2,50	1,78	0,92	6,45
	D99 %3 Ser.	Kontrol	5,11	2,74	1,18	10,84	4,94	3,28	0,76	9,90
		240 saat	4,27	3,42	1,09	11,33	4,11	2,30	1,54	7,69
	D99 %5 Ser.	Kontrol	2,55	2,22	0,40	6,25	3,91	2,84	0,65	9,34
		240 saat	3,11	2,57	0,43	7,58	5,72	3,02	0,65	9,81

A: Ağaç türü, B: Isıl işlem, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, **: Kontrol örneklerine herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır.

Vernik katmanı toplam renk değişimi değeri, ağaç 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 Tablo 5.79'da verilmiştir.

Tablo 5.79 Toplam renk değişimi değeri varyans analizi sonuçları

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P, $\alpha \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	214,098	214,098	33,218	0,000*
Isıl İşlem (B)	2	14465,449	7232,725	1122,164	0,000*
Vernik eşidi (C)	13	11388,760	876,058	135,921	0,000*
Yaşlandırma Periyodu (D)	1	7525,212	7525,212	1167,544	0,000*
Etkileşim (AB)	2	481,055	240,527	37,318	0,000*
Etkileşim (AC)	13	621,225	47,787	7,414	0,000*
Etkileşim (AD)	1	1052,959	1052,959	163,368	0,000*
Etkileşim (BC)	26	2477,520	95,289	14,784	0,000*
Etkileşim (BD)	2	21515,555	10757,777	1669,080	0,000*
Etkileşim (CD)	11	7670,344	697,304	108,187	0,000*
Etkileşim (ABC)	26	1055,923	40,612	6,301	0,000*
Etkileşim (ABD)	2	1226,006	613,003	95,108	0,000*
Etkileşim (ACD)	11	769,247	69,932	10,850	0,000*
Etkileşim (BCD)	22	5443,051	247,411	38,386	0,000*
Etkileşim (ABCD)	22	798,573	36,299	5,632	0,000*
Hata	1404	9049,251	6,445		
Toplam	1560	202997,468			

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

Tablo 5.79'a göre; ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Daha sonra LSD kritik değer kullanılarak ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.80'de verilmiştir.

Tablo 5.80 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde toplam renk değişimi değerlerine ilişkin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör		$\bar{X}$	HG	LSD±
Ağaç Türü (A)	Çam	8,18	B	0,2427
	Dişbudak	8,81	A*	
Isıl İşlem (B)	Kontrol	13,19	A*	0,2973
	190 °C	6,75	B	
	212 °C	5,54	C	
Vernik Çeşidi (C)	D70 Kontrol	10,11	C	0,6422
	D70 %1 ZnO	12,93	B	
	D70 %3 ZnO	15,71	A*	
	D70 %5 ZnO	9,10	D	
	D70 %1 Ser.	7,10	EF	
	D70 %3 Ser.	7,36	E	
	D70 %5 Ser.	7,11	EF	
	D99 Kontrol	9,67	CD	
	D99 %1 ZnO	7,09	EF	
	D99 %3 ZnO	6,83	EFG	
	D99 %5 ZnO	6,37	FG	
	D99 %1 Ser.	6,16	G	
	D99 %3 Ser.	7,23	E	
	D99 %5 Ser.	7,53	E	
Yaşlandırma Periyodu (D)	Kontrol	6,09	B	0,2427
	240 Saat	10,55	A*	

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek toplam renk değişimi değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.80'e göre toplam renk değişimi değeri; ağaç türü düzeyinde en yüksek dişbudakta tespit edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde en yüksek kontrol grubunda, en düşük 212 °C'de ısıt işlem uygulanan grupta tespit edilmiştir. Vernik çeşidinde en yüksek yüzeylere %3 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan örneklerde, en düşük yüzeylere %1 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernik uygulanan örneklerde tespit edilmiştir. Yaşlandırma periyodunda en yüksek 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem (AB) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.81'de verilmiştir.

Tablo 5.81 Ağaç türü - ısıt işlem etkileşimine ait toplam renk değışimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AB	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	13,64	A*	5,84	C	5,04	C
Dişbudak	12,74	A*	7,65	B	6,03	C
LSD± 0,4204						

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, B: Isıt işlem, *: En yüksek toplam renk değışimi değeri ifade etmektedir.

Tablo 5.81'e göre toplam renk değışimi değeri; en yüksek ısıt işlem uygulanmayan (kontrol) çam ve dişbudakta, en düşük 190 °C'de ve 212 °C'de ısıt işlem uygulanan çam ile 212 °C'de ısıt işlem uygulanan dişbudakta tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi (AC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.82'de verilmiştir.

Tablo 5.82 Ağaç türü - vernik çeşidi etkileşimine ait toplam renk değışimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AC	Çam		Dişbudak	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	10,61	BC	9,60	B-E
D70 %1 ZnO	11,13	B	14,72	A*
D70 %3 ZnO	15,43	A*	16,00	A*
D70 %5 ZnO	9,71	B-E	8,49	B-G
D70 %1 Ser.	7,27	C-G	6,92	D-G
D70 %3 Ser.	7,28	C-G	7,45	C-G
D70 %5 Ser.	6,41	EFG	7,82	C-G
D99 Kontrol	10,16	BCD	9,18	B-F
D99 %1 ZnO	6,59	EFG	7,58	C-G
D99 %3 ZnO	5,63	G	8,03	B-G
D99 %5 ZnO	5,91	FG	6,83	D-G
D99 %1 Ser.	5,31	G	7,00	D-G
D99 %3 Ser.	7,55	C-G	6,91	D-G
D99 %5 Ser.	7,69	C-G	7,37	C-G
LSD± 0,9083				

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, C: Vernik Çeşidi, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek toplam renk değışimi değeri ifade etmektedir.

Tablo 5.82'ye göre toplam renk değışimi değeri; en yüksek yüzeylerine %3 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan çam ile yüzeylerine %1 ZnO ve %3 ZnO ile modifiye edilen D70 vernikleri uygulanan dişbudakta, en düşük yüzeylerine %3 ZnO ve %1 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernikleri uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - yaşlandırma periyodu (AD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.83'te verilmiştir.

Tablo 5.83 Ağaç türü - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör AD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	4,85	C	11,03	A*
Dişbudak	7,33	B	10,08	A*
LSD± 0,3433				

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

Tablo 5.83'e göre toplam renk değişimi değeri; en yüksek 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çam ve dişbudakta, en düşük yaşlandırılmayan (kontrol) çamda tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi (BC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.84'te verilmiştir.

Tablo 5.84 Isıl işlem - vernik çeşidi etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör BC	Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	18,86	A*	6,97	HI	4,49	IJ
D70 %1 ZnO	14,36	B-F	11,51	EFG	12,90	C-F
D70 %3 ZnO	16,62	AB	15,05	BCD	15,47	BC
D70 %5 ZnO	14,96	B-E	8,97	GH	3,38	IJ
D70 %1 Ser.	11,60	D-G	4,80	IJ	4,90	IJ
D70 %3 Ser.	12,07	C-G	4,72	IJ	5,30	IJ
D70 %5 Ser.	12,37	C-G	5,44	IJ	3,53	IJ
D99 Kontrol	19,09	A*	5,39	IJ	4,52	IJ
D99 %1 ZnO	12,25	C-G	5,86	HIJ	3,16	J
D99 %3 ZnO	10,90	FG	5,85	HIJ	3,75	IJ
D99 %5 ZnO	11,14	FG	4,21	IJ	3,76	IJ
D99 %1 Ser.	11,80	D-G	3,75	IJ	2,93	J
D99 %3 Ser.	11,83	D-G	5,25	IJ	4,61	IJ
D99 %5 Ser.	12,64	C-F	6,13	HIJ	3,82	IJ
LSD± 1,1124						

$\bar{X}$:Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik Çeşidi, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek toplam renk değişimi değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.84'e göre toplam renk değişimi değeri; en yüksek ısı işlem uygulanmayan (kontrol), yüzeylerine modifiye edilmeyen D70 kontrol ve D99 kontrol vernikleri

uygulanan örneklerde, en düşük 212 °C’de ısıt işlem uygulanan, yüzeylerine %1 ZnO ve %1 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernikleri uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Isıl işlem - yaşlandırma periyodu (BD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.85’te verilmiştir.

Tablo 5.85 Isıl işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör BD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Kontrol	5,11	D	20,13	A*
190 °C	6,09	C	7,31	B
212 °C	7,08	B	4,22	D
LSD± 0,4204				

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

Tablo 5.85’e göre toplam renk değişimi değeri; en yüksek ısıt işlem uygulanmayan (kontrol) ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde, en düşük ısıt işlem uygulanmayan (kontrol) ve yaşlandırılmayan (kontrol) örnekler ile 212 °C’de ısıt işlem uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (CD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.86’da verilmiştir.

Tablo 5.86 Vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör CD	Yaşlandırma Periyodu			
	Kontrol		240 saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	-	-	10,10	DEF
D70 %1 ZnO	14,81	B	11,04	DE
D70 %3 ZnO	18,67	A*	12,76	BCD
D70 %5 ZnO	4,37	G	13,84	BC
D70 %1 Ser.	3,33	G	10,86	DE
D70 %3 Ser.	3,35	G	11,38	CDE
D70 %5 Ser.	2,82	G	11,41	CDE
D99 Kontrol	-	-	9,67	EF
D99 %1 ZnO	3,94	G	10,23	DEF
D99 %3 ZnO	4,40	G	9,26	EF
D99 %5 ZnO	3,96	G	8,78	EF
D99 %1 Ser.	4,35	G	7,96	F
D99 %3 Ser.	5,44	G	9,02	EF
D99 %5 Ser.	3,65	G	11,42	CDE
LSD± 0,9083				

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **C**: Vernik Çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek toplam renk değişimi değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.86'ya göre toplam renk değişimi değeri; en yüksek yüzeylerine %3 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde, en düşük yüzeylere %1 ve %3 ZnO modifiyeli D70 verniklerden hariç vernikler uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi (ABC) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.87'de verilmiştir.

Tablo 5.87 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABC	Çam						Dişbudak					
	Kontrol		190 °C		212 °C		Kontrol		190 °C		212 °C	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	22,18	A*	5,39	P-V	4,26	TUV	15,53	C-G	8,54	I-T	4,73	S-V
D70 %1 ZnO	14,48	C-H	7,63	J-U	11,28	E-M	14,25	C-H	15,39	C-G	14,53	C-H
D70 %3 ZnO	16,95	BCD	13,84	C-H	15,49	C-G	16,30	CDE	16,26	CDE	15,44	C-G
D70 %5 ZnO	16,03	C-F	10,17	H-P	2,94	UV	13,89	C-H	7,77	J-U	3,81	TUV
D70 %1 Ser.	13,02	C-I	3,66	TUV	5,14	P-V	10,18	H-P	5,93	O-V	4,66	S-V
D70 %3 Ser.	13,02	C-I	4,04	TUV	4,77	S-V	11,13	F-N	5,40	P-V	5,83	O-V
D70 %5 Ser.	13,67	C-H	3,52	TUV	2,04	V	11,07	F-N	7,36	J-U	5,02	R-V
D99 Kontrol	20,90	AB	6,90	K-V	2,67	UV	17,28	BC	3,88	TUV	6,37	M-V
D99 %1 ZnO	11,30	E-M	5,37	P-V	3,12	UV	13,20	C-I	6,35	M-V	3,20	UV
D99 %3 ZnO	9,69	H-S	4,01	TUV	3,19	UV	12,10	D-J	7,69	J-U	4,30	TUV
D99 %5 ZnO	10,76	G-O	3,68	TUV	3,29	UV	11,52	E-L	4,74	S-V	4,24	TUV
D99 %1 Ser.	9,77	H-S	2,85	UV	3,32	TUV	13,82	C-H	4,64	S-V	2,53	UV
D99 %3 Ser.	13,57	C-I	4,38	TUV	4,69	S-V	10,09	H-R	6,12	N-V	4,53	TUV
D99 %5 Ser.	13,57	C-I	6,67	L-V	2,83	UV	11,72	E-K	5,59	P-V	4,81	S-V
LSD± 1,5732												

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç Türü, **B**: Isıt İşlem, **C**: Vernik Çeşidi, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek toplam renk değişimi değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.87'ye göre toplam renk değişimi değeri; en yüksek ısıt işlem uygulanmayan ve yüzeylerine modifiye edilmeyen D70 kontrol vernik uygulanan çamda, en düşük 212 °C'de ısıt işlem uygulanan ve yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu (ABD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.88'de verilmiştir.

Tablo 5.88 Ağaç türü - ısıt işlem - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ABD		Yaşlandırma Periyodu			
		Kontrol		240 saat	
		$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
Çam	Kontrol	3,73	F	22,14	A*
	190 °C	3,76	F	7,63	CD
	212 °C	7,07	D	3,30	F
Dişbudak	Kontrol	6,48	D	18,11	B
	190 °C	8,42	C	7,00	D
	212 °C	7,09	D	5,13	E
LSD± 0,5946					

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

Tablo 5.88'e göre toplam renk değışimi değeri; en yüksek ısııl işlem uygulanmayan (kontrol) ve 240 saat UV yaşlandırılmaya maruz bırakılan çamda, en düşük ısııl işlem uygulanmayan (kontrol) ve 190 °C'de ısııl işlem uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) çam ile 212 °C'de ısııl işlem uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırılmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ACD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.89'da verilmiştir.

Tablo 5.89 Ağaç türü - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değışimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör ACD	Çam				Dişbudak			
	Kontrol		240 Saat		Kontrol		240 Saat	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
D70 Kontrol	-	-	10,61	FGH	-	-	9,60	F-I
D70 %1 ZnO	11,20	EFG	11,06	EFG	18,42	AB	11,02	EFG
D70 %3 ZnO	16,27	BC	14,59	CDE	21,08	A*	10,93	EFG
D70 %5 ZnO	3,68	MNO	15,74	BCD	5,05	K-O	11,93	EF
D70 %1 Ser.	2,93	MNO	11,62	EF	3,74	L-O	10,10	F-I
D70 %3 Ser.	3,56	MNO	10,99	EFG	3,13	MNO	11,77	EF
D70 %5 Ser.	2,43	O	10,39	F-I	3,21	MNO	12,42	DEF
D99 Kontrol	-	-	10,16	F-I	-	-	9,18	F-J
D99 %1 ZnO	2,56	NO	10,63	FGH	5,33	K-O	9,83	F-I
D99 %3 ZnO	1,95	O	9,31	F-J	6,85	H-M	9,21	F-J
D99 %5 ZnO	2,62	NO	9,20	F-J	5,30	K-O	8,36	F-K
D99 %1 Ser.	2,26	O	8,36	F-K	6,44	I-N	7,56	G-L
D99 %3 Ser.	5,67	J-O	9,42	F-J	5,20	K-O	8,62	F-K
D99 %5 Ser.	3,09	MNO	12,29	DEF	4,21	L-O	10,54	FGH
LSD± 1,2845								

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, A: Ağaç türü, C: Vernik çeşidi, D: Yaşlandırma periyodu, ZnO: Çinko oksit, Ser.: Seramik kürecik, *: En yüksek toplam renk değışimi değeri ifade etmektedir.

Tablo 5.89'a göre toplam renk değışimi değeri; en yüksek yüzeylerine %3 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) dişbudakta, en düşük yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 ve %3 ZnO ve %1 seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernikleri uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) çamda tespit edilmiştir.

Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (BCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.90'da verilmiştir.

Tablo 5.90 Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (BCD)		Kontrol		190 °C		212 °C	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
D70 Kontrol	Kontrol	-		-		-	
	240 saat	18,86	E-H	6,97	L-R	4,49	R-d
D70 %1 ZnO	Kontrol	6,53	M-U	15,21	I	22,70	C
	240 saat	22,20	CD	7,81	K-O	3,11	Z-d
D70 %3 ZnO	Kontrol	8,37	K-N	20,58	CDE	27,08	A*
	240 saat	24,88	B	9,53	K	3,86	V-d
D70 %5 ZnO	Kontrol	3,96	V-d	5,47	O-Z	3,66	V-d
	240 saat	25,96	AB	12,46	J	3,09	Z-d
D70 %1 Ser.	Kontrol	2,65	cd	2,87	a-d	4,48	R-d
	240 saat	20,56	CDE	6,72	L-T	5,31	P-b
D70 %3 Ser.	Kontrol	3,97	V-d	2,40	d	3,67	V-d
	240 saat	20,18	DEF	7,04	L-P	6,93	L-R
D70 %5 Ser.	Kontrol	3,57	V-d	2,09	d	2,79	bcd
	240 saat	21,17	CDE	8,78	KLM	4,27	T-d
D99 Kontrol	Kontrol	-		-		-	
	240 saat	19,09	EFG	5,39	O-a	4,52	R-d
D99 %1 ZnO	Kontrol	5,37	O-b	3,41	Y-d	3,05	Z-d
	240 saat	19,12	EFG	8,31	K-N	3,27	Z-d
D99 %3 ZnO	Kontrol	4,26	T-d	5,87	O-Y	3,07	Z-d
	240 saat	17,53	GH	5,83	O-Y	4,42	S-d
D99 %5 ZnO	Kontrol	4,32	T-d	4,03	U-d	3,53	V-d
	240 saat	17,96	FGH	4,39	S-d	3,99	V-d
D99 %1 Ser.	Kontrol	6,87	L-S	3,49	Y-d	2,69	cd
	240 saat	16,73	HI	4,00	V-d	3,16	Z-d
D99 %3 Ser.	Kontrol	6,86	L-S	4,43	S-d	5,02	P-c
	240 saat	16,80	HI	6,08	N-V	4,19	U-d
D99 %5 Ser.	Kontrol	4,52	R-d	3,19	Z-d	3,23	Z-d
	240 saat	20,76	CDE	9,07	KL	4,41	S-d
LSD± 1,5732							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *****: En yüksek toplam renk değişimi değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.90'a göre toplam renk değişimi; en yüksek 212 °C'de ısıtıl işlem uygulanan, yüzeylerine %3 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde, en düşük 190 °C'de ısıtıl işlem uygulanan, yüzeylerine %3 ve %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernikleri uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü - Isıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu (ABCD) faktör etkileşimi Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 5.91'de gösterilmiştir.

Tablo 5.91 Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu faktör etkileşimine ait toplam renk değişimi değeri Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Faktör (ABCD)			Isıl İşlem					
			Kontrol		190 °C		212 °C	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	D70 Kontrol	Kontrol	-	-	-	-	-	-
		240 saat	22,18	D-G	5,39	a-v	4,26	f-4a
	D70 %1 ZnO	Kontrol	4,35	f-3a	8,31	S-Z	20,94	E-H
		240 saat	24,60	CD	6,95	U-f	1,62	3a-5a
	D70 %3 ZnO	Kontrol	6,88	U-g	14,89	NO	27,03	AB
		240 saat	27,02	AB	12,80	OP	3,94	h-5a
	D70 %5 ZnO	Kontrol	2,99	p-5a	4,55	e-2a	3,50	j-5a
		240 saat	29,08	A*	15,78	LMN	2,37	y-5a
	D70 %1 Ser.	Kontrol	3,02	o-5a	1,43	3a-5a	4,33	f-3a
		240 saat	23,03	DE	5,90	V-p	5,94	V-o
	D70 %3 Ser.	Kontrol	2,94	r-5a	1,98	1a-5a	5,76	Y-r
		240 saat	23,10	DE	6,10	V-m	3,77	h-5a
	D70 %5 Ser.	Kontrol	3,21	m-5a	1,14	5a**	2,94	r-5a
		240 saat	24,14	CD	5,89	V-p	1,14	5a**
	D99 Kontrol	Kontrol	-	-	-	-	-	-
		240 saat	20,90	E-H	6,90	U-g	2,67	t-5a
	D99 %1 ZnO	Kontrol	2,27	y-5a	2,04	z-5a	3,36	l-5a
		240 saat	20,32	GHI	8,70	S-V	2,88	r-5a
	D99 %3 ZnO	Kontrol	1,58	3a-5a	1,38	4a5a	2,90	r-5a
		240 saat	17,80	I-M	6,63	U-h	3,49	j-5a
	D99 %5 ZnO	Kontrol	2,65	t-5a	1,60	3a-5a	3,59	i-5a
		240 saat	18,86	H-K	5,75	Y-s	2,98	p-5a
	D99 %1 Ser.	Kontrol	2,32	y-5a	1,65	2a-5a	2,82	r-5a
		240 saat	17,23	J-N	4,04	g-5a	3,82	h-5a
	D99 %3 Ser.	Kontrol	8,62	S-V	3,29	m-5a	5,11	b-y
		240 saat	18,52	H-K	5,48	a-u	4,27	f-4a
	D99 %5 Ser.	Kontrol	3,89	h-5a	2,81	s-5a	2,55	u-5a
		240 saat	23,24	DE	10,52	PRS	3,11	n-5a
Dişbudak	D70 Kontrol	Kontrol	-	-	-	-	-	-
		240 saat	15,53	MN	8,54	S-Y	4,73	d-1a
	D70 %1 ZnO	Kontrol	8,70	S-V	22,10	D-G	24,46	CD
		240 saat	19,80	G-J	8,68	S-V	4,59	e-1a
	D70 %3 ZnO	Kontrol	9,85	RST	26,27	BC	27,12	AB
		240 saat	22,75	DEF	6,26	V-l	3,77	h-5a
	D70 %5 ZnO	Kontrol	4,93	c-z	6,40	U-j	3,82	h-5a
		240 saat	22,84	DEF	9,14	R-U	3,81	h-5a
	D70 %1 Ser.	Kontrol	2,28	y-5a	4,30	f-4a	4,64	e-1a
		240 saat	18,08	I-M	7,55	T-d	4,68	d-1a
	D70 %3 Ser.	Kontrol	5,00	c-y	2,82	s-5a	1,59	3a-5a
		240 saat	17,26	J-N	7,98	S-a	10,08	RST
	D70 %5 Ser.	Kontrol	3,94	h-5a	3,05	o-5a	2,65	t-5a
		240 saat	18,20	I-M	11,67	PR	7,39	T-e
	D99 Kontrol	Kontrol	-	-	-	-	-	-
		240 saat	17,28	J-N	3,88	h-5a	6,37	U-k
	D99 %1 ZnO	Kontrol	8,47	S-Y	4,78	c-1a	2,74	t-5a
		240 saat	17,92	I-M	7,93	S-b	3,65	i-5a
	D99 %3 ZnO	Kontrol	6,94	U-f	10,35	PRS	3,25	m-5a
		240 saat	17,26	J-N	5,04	c-y	5,35	a-v
	D99 %5 ZnO	Kontrol	5,99	V-n	6,45	U-i	3,47	k-5a
		240 saat	17,05	K-N	3,03	o-5a	5,01	c-y
	D99 %1 Ser.	Kontrol	11,43	PR	5,33	a-v	2,56	u-5a

Tablo 5.91'in devamı

Dışbudak	D99 %1 Ser.	240 saat	16,22	K-N	3,96	h-5a	2,50	v-5a
	D99 %3 Ser.	Kontrol	5,11	b-y	5,57	Z-t	4,94	c-z
		240 saat	15,08	NO	6,68	U-h	4,11	f-4a
	D99 %5 Ser.	Kontrol	5,15	a-y	3,57	ı-5a	3,91	h-5a
		240 saat	18,28	I-L	7,62	T-c	5,72	Y-s
	LSD± 2,2248							

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, **A**: Ağaç türü, **B**: Isıl İşlem, **C**: Vernik çeşidi, **D**: Yaşlandırma Periyodu, **ZnO**: Çinko oksit, **Ser.**: Seramik kürecik, *: En yüksek toplam renk değişimi değerini **: En düşük toplam renk değişimi değerini ifade etmektedir.

Tablo 5.91'e göre toplam renk değişimi değeri; en yüksek ısıll işlem uygulanmayan (kontrol), yüzeylerine %5 ZnO ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda, en düşük 190 °C'de ısıll işlem uygulanan, yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve yaşlandırılmayan (kontrol) çam ile 212 °C'de ısıll işlem uygulanan, yüzeylerine %5 seramik kürecik ile modifiye edilen D70 vernik uygulanan ve 240 saat UV yaşlandırmaya maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

6. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Araştırma sonuçları, bulgular kısmında elde edilen veriler doğrultusunda hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonrası vernik katmanlarının sertlik, yüzey pürüzlülüğü, çizilme direnci, yüzeye yapışma direnci, ısı iletkenliği katsayısı ve toplam renk değişimi alt başlıklarında ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi etkisi ile yorumlanmıştır. Çıkan sonuçlar gerek bilimsel gerekse uygulamaya yönelik öneriler haline getirilmeye çalışılmıştır.

6.1 Sertlik

Ağaç türüne göre, vernik katmanı sertlik değerleri farklılık göstermiştir. Buna göre, dişbudak deney örneklerinin vernik katmanı sertlik değerleri çam deney örneklerinden daha yüksek belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda vernik katman sertliğine ağaç türünün etkisinin olduğu, bazılarında ise olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca su bazlı tek ve çift bileşenli verniklerde ağaç türünün katman sertliğinde etkili olduğu da belirtilmiştir (Sönmez, 1989; Çakıcıer, 2007). Bu durum, odunun yoğunluk farkından ve vernik katman kalınlığından kaynaklanabileceği gibi kullanılan verniklerin yapılarından da kaynaklanmış olabilir. Nitekim su bazlı vernikler katı maddelerinin düşük oluşundan dolayı ahşap yüzeyde oldukça ince bir vernik katmanı oluşturmaktadır ve molekül iriliklerinin düşük olması nedeni ile çam gibi yoğunluğu düşük olan ağaç malzemelere daha fazla nüfuz ederek daha ince katman oluşturduğu ve sertliği azalttığı belirtmiştir (Sönmez vd. 2004; Budakçı ve Sönmez; 2010; Ulay ve Budakçı, 2015).

Isıl işlemin etkisine göre, vernik katmanı sertlik değerleri artan sıcaklık ve süreye bağlı olarak farklılık göstermiştir. Buna göre, artan sıcaklık ve süreye bağlı olarak vernik katman sertlik değerleri artmıştır. Bazı çalışmalarda ısıl işlemin vernik katman sertliğini arttırdığı, bazılarında ise düşürdüğü belirtilmiştir (Gürleyen vd. 2017; Çakıcıer vd. 2011, Kazan, 2009; Pelit, 2014). Bu çalışmada, vernik katman sertliklerinde, kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerine göre, 190 °C ve 210 °C’de ısıl işlemde artışlar ve azalmalar belirlenmiştir. Sıcaklık artışıyla birlikte ısıl işlem görmüş ağaç malzemedeki denge rutubet miktarının düştüğü, buna bağlı olarak ağaç malzemede yüzey sertlik değerlerinin arttığı ve yüksek sıcaklıkta ısıl işlemde yüzey

pürüzlülüğünün fazla olmasının vernik katman sertliğini etkilediği belirtilmiştir (Pelit, 2014).

Nanoparçacık katkılarına göre, katman sertlik değerlerinde vernik çeşidine bağlı olarak farklılıklar belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda ZnO ve TiO² gibi nanoparçacıkların vernik katmanı sertlik özelliğini geliştirdiği bildirilmiştir (Cristea vd. 2011). D99 kontrol örneklerine göre, hem ZnO hem de seramik kürecik nanoparçacıkların %1, %3 ve %5'lik katkılarının hepsinde sertlik artmıştır. D70 kontrol örneklerinde ise, nanoparçacıkların katkısı sertlik değerlerini düşürmüştür. Bu çalışmada, D99 vernikte %5 ZnO katkısının %1 ve %3'lük katkı oranlarına göre vernik katman sertliğine etkisi daha azdır. Ayrıca, D99 vernikte %5 seramik kürecik katkısının %1 ve %3'lük katkı oranlarına göre vernik katman sertliğine etkisi daha fazladır. Kontrol verniğine göre %5 seramik kürecik %131 oranında sertliği arttırmıştır. Literatürde, nanoparçacık kullanımı sonrası ara yüzey etkileşimleri ile vernik katman sertliğinde dalgalanmaların olabileceği belirtilirken, bazı nanoparçacıkların yüzey pürüzlülüğünü artırması sonucunda konig (salınımsal) sertliğinde azalmaların görülebileceği bildirilmiştir (Sow vd. 2011; Nicolic vd. 2015).

Yaşlandırma periyodunda, 240 saat UV yaşlandırma işleminin tüm verniklerde katman sertlik değerlerini arttırdığı belirlenmiştir. Literatürde vernikli yüzeylerde UV yaşlandırma işleminin vernik katman sertliğinin arttığı ve bunun yükselen sıcaklık etkisi ile vernik molekülleri arasındaki çapraz bağların yüzey gerilimini artırmasına bağlı olarak polimerik katmanlardaki sertliği arttırmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. (Kesik, 2009; Çakıcıer, 2007). Çalışmada, tüm verniklerde katman sertliğinin artması kullanılan verniklerin akrilik kopolimer reçineye sahip olmasından da kaynaklanabilir. Fotooksidasyon sonucu, akrilik kopolimerin kullanıldığı polimerik kaplama malzemelerinin, UV yaşlanma sonucu artan sıcaklık etkisi ile çapraz bağlarının birbirine yaklaştığı da bildirilmiştir (Nichols ve Gerlock, 2000; Çakıcıer, 2007).

6.2 Yüzey Pürüzlülüğü (Ra*, Rz*)

Ağaç türüne göre, ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri (Ra*) ile on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri (Rz*) vernik katmanlarında farklılık göstermiştir. Buna göre, dişbudak deney örneklerinin vernik katmanı Ra ve Rz değerleri çam deney örneklerinden daha yüksek belirlenmiştir. Bu durum ağaç malzemelerin tekstür yapılarından, yaz ve ilkbahar odunu iştirak oranlarından, trahee ve traheid yapılarından kaynaklanmış olabilir. Literatürde, ağaç malzemelerin anatomik yapı ve işleme özelliklerinden, odunun yıllık halka yapısının, yıllık halka içerisinde yaz odunu ve ilkbahar odunu iştirak oranlarının, hücre yapılarının, sahip olduğu lif yapısının ve kusurlarının vb., odunu işlemede makine, kesici tipi, kesiş yönü ve açısı, besleme hızı vb. birçok faktörün yüzey pürüzlülüğünde etkili olduğu bildirilmiştir (Örs ve Keskin, 2001; Gurau, 2004; Söğütü, 2005; Çakıcıer, 2007; Budakçı vd. 2011; Tiryaki, 2012; Tiryaki, 2014).

Isıl işlem etkisine göre, ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri (Ra*) ile on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri (Rz*) vernik katmanlarında farklılık göstermiştir. Bu çalışmada, kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerine göre 190 °C ve 212 °C’de ısıl işlem uygulaması vernik katmanlarında Ra* ve Rz* değerlerini arttırmıştır. Bu duruma, ısıl işlem etkisi ile ağaç malzemenin yoğunluğunun ve yüzey pürüzlülüğünün azalması neden olabilir. Ancak bu çalışmada genel olarak ısıl işlemli ağaç malzemelere vernik uygulandıktan sonra katmanlarda Ra* ve Rz* değerleri artmıştır. Literatürde ısıl işlemin artan sıcaklık ve süre ile ağaç malzemenin yoğunluk ve yüzey pürüzlülüğünü azalttığını belirten çalışmalar mevcuttur (Korkut ve Budakçı, 2010; Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Budakçı vd. 2013; Kesik vd. 2014; Pelit, 2014). Ayrıca, artan ısıl işlem sıcaklığına bağlı olarak ağaç malzemelere uygulanan vernik katmanlarında yüzey pürüzlülüğünde değişimler tespit edilmiştir (Güler, 2010; Pelit vd. 2015; Ayata ve Çakıcıer, 2018). Bu değişimlere, farklı metotlarla birlikte farklı sıcaklık ve sürelerin sebep olduğu düşünülmektedir.

Nanoparçacık katkılarına göre, vernik çeşidine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri (Ra*) ile on nokta ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinde (Rz*) farklılıklar belirlenmiştir. D99 kontrol örneklerine göre, %1, %3 ve %5’lik ZnO,

%1 ve %3'lük seramik kürecik katkılarında Ra^* ve Rz^* değerleri azalmış, %5 seramik kürecik katkısında ise Ra^* ve Rz^* değerleri artmıştır. Sırası ile %33 ve %18 oranında artışı neden olmuştur. D70 kontrol örneklerinde ise, %1 ZnO ile %1, %3 ve %5 seramik kürecik katkılarında Ra^* değerleri azalmış, %3 ve %5 ZnO katkısında ise Ra^* değerleri artmıştır. Ayrıca, %1, %3 ve %5'lik katkı oranlarının tamamında Rz^* değerleri ZnO katkılı deney örneklerinde artmış, seramik kürecik deney örneklerinde ise azalmıştır. Literatürde yüzey pürüzlülüğüne dair yorumlamalarda genel olarak Ra^* değerleri esas alınmıştır.

Yaşlandırma periyodunda, 240 saat UV yaşlandırma işleminin vernik katmanlarında Ra^* ve Rz^* değerlerini arttırdığı belirlenmiştir. Literatürde, hızlandırılmış yaşlandırma işlemine bağlı olarak UV ışınların etkisi ile yüzey geriliminin artması, kabarcıklanma ve kılcal çatlaklıkların oluşması nedeniyle vernik katmanlarının bozulduğu ve yüzey pürüzlülüğünün arttığı bildirilmiştir (Yang vd. 2001; Söğütü ve Sönmez, 2006; Çakıcıer, 2007).

6.3 Çizilme Direnci

Ağaç türüne göre, sarıçam deney örneklerine uygulanan vernik katmanı çizilme direnci dışbudak deney örneklerine göre daha yüksek tespit edilmiştir. Özellikle nano ZnO ve seramik kürecik katkılı D99 vernik uygulanan deney örneklerinde çizilme direncinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Deney örneklerine uygulanan D99 verniğin kuru film tabakası ipeksi yumuşak bir hal almıştır. Bu doku kontrol örneklerinde çizilme direncinin düşük değerlerde ölçülmesine sebep olmuş olabilir. Ancak, çinko oksit ve seramik kürecik katkıları ile modifiye edilen D99 vernikte çizilme direnci genel olarak artarken, çam deney örneklerinde en yüksek direnç elde edilmiştir. Bu durum, daha önce katman sertliğini büyük oranlarda arttırdığı belirtilmiş %5 seramik kürecik katkısının etkisi ile D99 verniğin yapısına bağlı olarak çam odununa daha fazla nüfuz etmesi ve yüzeyde daha ince katman oluşturmaya sebep olmuş olabilir. Bu sebeple çizilme direncinin yüksek seviyelerde ölçülmesine neden olmuş olabilir. Ayrıca, D99 verniğin nanoparçacıklar ile sağlam bir şekilde bağ kurduğu ve bunun sonucu olarak çizilme direncinin çamda daha çok artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Literatürde, nanoparçacık kullanımı sonrası

ara yüzey etkileşimleri ile vernik katman sertliğinde dalgalanmaların olabileceği belirtilirken, su bazlı verniklerin çizilme dirençlerinin esas olarak reçinesine bağlı olduğu bildirilmiştir (Zhao vd. 2012; Sow vd. 2011; Nicolici vd. 2015).

Isıl işlemin etkisine göre, vernik katmanı çizilme direnci değerleri artmıştır. Bazı çalışmalarda, artan ısı işlem süresi ve sıcaklığına bağlı olarak çizilme direncinin düştüğü belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda ise çizilme direncinin düşük sıcaklıkta ısı işlem uygulamalarında arttığı, yüksek sıcaklık uygulamalarında ise düştüğü belirtilmiştir (Çakıcıer vd. 2011; Ayata ve Çakıcıer, 2017). Bu çalışmada, artan ısı işlem etkisi ile vernik katmanlarının çizilme dirençlerinde artışlar belirlenmiştir.

Nanoparçacık katkılarına göre, vernik katmanı çizilme direnci değerlerinde vernik çeşidine bağlı olarak farklılıklar belirlenmiştir. D99 kontrol örneklerine göre, hem ZnO hem de seramik kürecik nanoparçacıkların %1, %3 ve %5'lik katkılarının hepsinde çizilme direnci artmıştır. ZnO'te en yüksek %1'lik katkıda %21,2, seramik kürecikte %5'lik katkıda %72,9 oranlarında artış meydana gelmiştir. D70 kontrol örneklerinde ise, %1 ZnO çizilme direncini %1,9 oranda arttırmış, diğer nanoparçacık katkıları azaltmıştır. Bu çalışmada, D99 vernikte %5 ZnO katkısının %1 ve %3'lük katkı oranlarına göre vernik katmanı çizilme direncine etkisi daha azdır. Ayrıca, D99 vernikte artan seramik kürecik katkısı ile katman çizilme direnci artmıştır. Literatürde, su bazlı verniklerin düşük çizilme direnci değerine sahip olduğu belirtilirken, bazı nanoparçacıkların katkıları ile vernik katmanı çizilme ve aşınma direncinin iyileştiği bildirilmiştir (Sönmez vd. 2004; Bauer ve Mehnert, 2005; Jalili vd. 2007).

Yaşlandırma periyodunda, 240 saat UV yaşlandırma işleminin tüm verniklerde katman çizilme direnci değerini arttırdığı belirlenmiştir. Literatürde, yaşlandırma işleminde UV radyasyonunun vernik katmanlarında yüzey gerilimi arttırdığı, bunun da vernik katmanlarında çizilme direnci değerlerinde artışa neden olduğu belirtilmiştir (Ayata ve Çakıcıer, 2017).

6.4 Yüzeye Yapışma Direnci

Ağaç türüne göre, vernik katmanı sertlik değerleri farklılık göstermiştir. Buna göre, dişbudak deney örneklerinin vernik katmanı yüzeye yapışma direnci çam deney

örneklerinden daha yüksek belirlenmiştir. Bu durum, ağaç malzemelerin cinsi, anatomik yapıları, yüzey özellikleri ve rutubet içeriklerinden kaynaklanmış olabilir. Literatürde, yapraklı ağaç odunlarının, iğne yapraklı ağaç odunlarına göre daha yüksek yapışma direnci gösterdiği belirtilmiştir (Budakçı ve Sönmez, 2010). Ayrıca ağaç malzemedeki yüzeye yapışma direncini, reçine ihtivasi, yoğunluk, hücre yapısı, odunun ana ve yan bileşikleri, doku, yüzey pürüzlülüğü, rutubeti vb. birçok faktörün etkileyebileceği bildirilmiştir (Kaygın and Akgun, 2008; Sönmez vd. 2004; Kesik, 2009; Demirci vd. 2013; Şenol ve Budakçı, 2019). Çalışmada, kullanılan su bazlı verniklerin nanoteknoloji ile üretilen reçinelere sahip olmasından dolayı ağaç malzemeler ile güçlü bağlar oluşturduğu düşünülmektedir.

Isıl işlemin etkisine göre, vernik katmanı yüzeye yapışma direnci değerlerinin artan sıcaklık ve süreye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Yüzeye yapışma direncinde, ısı işlem sıcaklık ve süresinin etkili olduğu, verniklerde düşük değerler verdiği literatürde belirtilmiştir (Pelit, 2014; Gürleyen vd. 2017; Kesik ve Akyıldız, 2015; Aydemir ve Gündüz, 2009; Altun ve Esmer, 2017). Isıl işlem uygulanan deney örneklerinde yapılan yüzeye yapışma testlerinde kopmalar genellikle ağaç malzeme vernik katmanı ara kesitinde değil, ağaç malzemenin lif kopması şeklinde gerçekleşmiştir. Bu duruma, ısı işlem etkisi ile ağaç malzemenin ana ve yan bileşiklerinde meydana gelen termal ve yüzey bozunmaları sebep olmuş olabilir. Isıl işlem sonrası meydana gelen termal bozunma ile ağaç malzemenin mekanik özelliklerinin olumsuz etkilendiği, 100 °C üzeri sıcaklıklarda odun polimerlerinin depolimerizasyonu sonucu moleküller arası bağların koptuğu, sıcaklığa bağlı olarak kopmaların arttığı, vernik ve ağaç malzeme arasındaki adezyon bağlarının azaldığı belirtilmiştir. Aynı zamanda özellikle 180 °C üzeri sıcaklıklardan sonra artan yüzey pürüzlülüğünün düşük yapışma direncine neden olabileceği belirtilmiştir (Akyıldız vd. 2009; Çakıcı vd. 2011; Pelit, 2014; Kesik ve Akyıldız, 2015). Ayrıca, ısı işlem sonrası odun pH derecesinde meydana gelen düşüşler nedeniyle de yüzeye yapışma direnci değeri azalmış olabilir. Literatürde, ısı işlemin pH derecesini azalttığı ve vernik uygulaması yapılan yüzeylerdeki asit veya baz değişimlerinin adezyonu etkilediği bildirilmiştir (Budakçı ve Sönmez, 2010; URL-7, 2020).

Nanoparçacık katkılarına göre, yüzeye yapışma direnci değerlerinde vernik çeşidine bağlı olarak farklılıklar belirlenmiştir. D99 kontrol örneklerine göre, hem ZnO hem de seramik kürecik nanoparçacıkların %1, %3 ve %5'lik katkılarının hepsinde yüzeye yapışma direnci azalmıştır. D70 kontrol örneklerinde ise, %5'lik ZnO katkısı ile %1'lik seramik kürecik katkısı yüzeye yapışma direncini sırası ile %13,7 ve %6,2 oranlarında arttırmış, diğer oranlardaki katkılar ise azaltmıştır. Literatürde nanoparçacık katkılarının film oluşumunda verniğin ilk tutunmasını azalttığı için yüzeye yapışma direncini etkilediği belirtilmiştir (Mikleci'c vd. 2017). Bu çalışmada, nanoparçacık katkılı verniklerde yüzeye yapışma dirençlerinin azalması, ZnO ve seramik küreciğin verniklerdeki pH derecesini arttırmasından kaynaklanabilir. Literatürde, verniklerin yüzeye yapışma dirençlerinde pH derecesi nötr'e yakın olan verniklerde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Aynı zamanda asit-baz teorisine göre, katman ile yüzey arasındaki asit-baz etkileşimiyle bağ kuvvetinin önemli ölçüde arttığı, uygulama yapılan yüzeylerdeki asit veya baz değişimlerinin adezyonu etkilediği bildirilmektedir (Budakçı ve Sönmez, 2010).

Yaşlandırma periyodunda, 240 saat UV yaşlandırma işleminin verniklerde yüzeye yapışma direncini azalttığı belirlenmiştir. Vernik çeşidi yaşlandırma etkisi incelendiğinde farklılıklar tespit edilmiştir. Çalışmada, bazı vernik katmanlarında yüzeye yapışma direnci artmış, bazılarında ise azalmıştır. Bu duruma, farklı ağaç malzeme, değişik nanoparçacık katkılı verniklerin kullanımı, yaşlandırma metodu ve süresi etki etmiş olabilir. Yapılan bazı çalışmalarda, UV yaşlandırma etkileşimine bağlı olarak vernik katmanlarında kürlenmelerin yapışma dirençlerindeki artışa neden olduğu bildirilirken, bazı çalışmalarda ise nanoparçacık katkısının yüzeye yapışma direncini azalttığı bildirilmiştir (Çakıcıer, 2007; Kesik, 2009; Podgorski vd. 2011; Jirous-Rajkovi' vd. 2004; Mikleci'c ve diğ. 2015).

6.5 Isı iletkenliği Katsayısı

Ağaç türünde vernik katmanı ısı iletkenliği katsayısı dışbudak örneklerinde, çam örneklerine göre daha yüksek tespit edilmiştir. Literatürde bir cismin içerisindeki boşluk miktarının artması ile ısı iletkenliğinin azaldığı, bu nedenle ağaç malzemenin iyi bir ısı yalıtkanı olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda, ağaç malzemenin ısı iletkenlik

katsayısının; yoğunluğu, rutubeti ve lif gidiş yönüne göre değiştiği bildirilmiştir (Örs ve Keskin, 2008).

Isıl işlemin etkisine göre, artan sıcaklık ve süre ile vernik katmanı ısı iletkenliği katsayısı değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum, ısıl işlemin ağaç malzemenin yoğunlunu azaltması, poröz yapıya dönüştürmesi ve denge rutubet miktarını azaltması ile açıklanabilir. Artan sıcaklık ve süre ile ısıl işlemin, ısı iletkenliği katsayısını azalttığı belirtilerek bu durum desteklenmektedir (Aytin vd. 2016; Şahin Kol vd. 2010; Şahin Kol vd. 2011; Pelit vd. 2017) .

Nanoparçacık katkılarına göre, vernikli deney örneklerinde ölçülen ısı iletkenliği katsayı değerlerinde farklılıklar tespit edilmiştir. D99 ve D70 vernik uygulanan kontrol örneklerine göre ısı iletkenliği katsayısı genel olarak artmıştır. Sadece %5'lik seramik kürecik ile modifiye edilen D99 vernikte %1,7 oranda azaltmıştır. Literatürde, dışbudak ve meşe deney örneklerine uygulanan %30 oranında mikro cam kürecik ile modifiye edilen su bazlı boyanın ısı iletkenlik katsayısını etkili bir şekilde düşürdüğü bildirilirken, bu duruma ağaç türü, boya katman sayısı, malzeme kalınlığı ve nanoparçacık oranının etkili olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca ısı iletkenlik katsayısı ile yoğunluk arasında ters ilişki olduğu, ısı iletkenliğinin daha önemli olduğu mekanlarda yoğunluğu daha düşük olan malzemelerin üzerine kalın katmanlar oluşturacak şekilde boya uygulamasının tercih edilebileceği önerilmiştir (Chuklanov vd. 2017; Kabakcı, 2018).

Hızlandırılmış UV yaşlandırma işlemine göre, 240 saatlik periyodun vernik katmanlarında ısı iletkenliği katsayısını arttırdığı belirlenmiştir. Bu duruma yaşlandırma esnasında rutubet etkisi ile deney örneklerinde artan yoğunluğun ve UV etkisi ile vernik katmanının incilmesi sebep olabilir.

6.6 Toplam Renk Değişimi (ΔE^*)

Ağaç türüne göre, vernik katmanlarında tespit edilen toplam renk değişimi değerleri (ΔE^*) farklılık göstermiştir. Buna göre, dışbudak deney örneklerinin ΔE^* değerleri çam deney örneklerinden daha yüksek belirlenmiştir. Bu durum, deney örneklerinin

yapısına bağılı olarak ısıtıl işlem, hızlandırılmış yaşlandırma işlemi ve uygulanan verniklerin farklılığından kaynaklanabilir.

Isıl işlemin etkisine göre, artan sıcaklık ve süre ile vernik katmanlarında ΔE^* değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu duruma, deney örneklerine farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtıl işlem uygulamalarının neden olduğu düşünülmektedir. Literatürde hemiselüloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin bozunması ile odunda meydana gelen oksidatif ve hidrolitik (hidrolizle ilgili) reaksiyonların sonucunda ahşap renginin koyulaştığı, bu eğilimin yüksek sıcaklık ve süreye bağılı olarak daha fazla arttığı bildirilirken rutubet içeriğine bağılı olarak rengin değiştiği belirtilmiştir (Sehlstedt-Persson, 1995; Ünsal vd. 2003; Özçiftci vd. 2009; Korkut ve Kocaefe, 2009; Çakıcıer vd. 2011b).

Nanoparçacık katkılarına göre, vernik katmanlarında ΔE^* değerlerinde farklılıklar belirlenmiştir. Genel olarak, kontrol örneklerine göre, ZnO ve seramik kürecik nanoparçacıkların katkısı ΔE^* değerini %22-%35 aralığında azaltmıştır. Ancak, D70 vernikte %1 ve %3'lük ZnO katkısında sırası ile %27,4 ve %55,5 oranlarda ΔE^* değeri artmıştır. Literatürde çeşitli nanoparçacıkların renk stabilitesi sağladığı ve toplam renk değişimini azalttığı bildirilmiştir (Miklečić vd. 2017; Weichelt vd. 2010; Vardanyan, 2015; Moya ve diğ. 2017).

Yaşlandırma periyodunda, 240 saat UV yaşlandırma işleminin toplam renk değişimi değerini arttırdığı belirlenmiştir. Literatürde, UV ışın, ısı ve yağmurlama etkisiyle fotokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan serbest radikallere bağılı olarak toplam renk değişimi değerlerinin arttığı ayrıca inorganik metal oksitlerin ve organik stabilizatörlerin UV azaltıcı özelliğinin de bu duruma etki yaptığı belirtilmiştir (Kesik, 2009; Blanchard ve Blanchet, 2011). Bu çalışmada hızlandırılmış yaşlandırma işleminde ΔE^* 'nin yüksek çıkması, nanoparçacıkların katılım oranlarının az olmasına bağılı olarak UV ışınlarının bozundurucu etkisine karşı özelliklerinin yetersiz kalmasından kaynaklanmış olabilir.

6.7 Öneriler

Bu çalışmada, 190 °C'de 1,5 saat ve 212 °C'de 2 saat sıcaklık ve sürede ısıtıl işlem uygulanan dişbudak ve çam malzemelere, %1, %3 ve %5'lik nano ZnO ve seramik

kürecikler ile modifiye edilen D99 ve D70 su bazlı vernikler uygulanarak katman performansının artırılması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, çalışmada kullanılan su bazlı koruyucu katmanların sertlik, yüzey pürüzlülüğü, çizilme direnci, yapışma direnci, ısı iletkenliği katsayısı ve toplam renk değişimi performanslarına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

- ZnO ve seramik küreciğin su bazlı D99 vernik katmanlarının mekanik direnç özelliklerini geliştirdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, doğal ve ısıl işlem uygulanmış ağaç malzeme yüzeylerinin korunması için modifiyeli D99 verniklerin kullanılması önerilebilir.
- D99 vernikte ZnO ve seramik kürecik katkısı sertliği arttırmış, D70’te ise azaltmıştır. D99 vernik kullanımlarında sertliğin yüksek olmasının istendiği durumlarda özellikle %5 seramik kürecik kullanımı önerilebilir.
- D99’un kontrol verniği ağaç malzeme yüzeylerinde ipeksi yumuşak bir doku oluşturmaktadır. Bu dokunun vernik katmanı sertliğini etkilediği düşünülmektedir. Üretici firmaya bu durumun nedeninin araştırılması önerilebilir.
- D99 vernikte ZnO ve seramik kürecik katkısı çizilme direncini arttırmıştır. Mekanik etkilere karşı direncin artırılması istenildiğinde özellikle %5’lik ZnO ve seramik kürecik katkısı önerilebilir.
- D99 ve D70 verniklerde, koruyucu katmanın yüzey pürüzlülüğünün azaltılması istendiği durumlarda %1, %3 ve %5’lik oranlarda ZnO ve seramik kürecik katkısı önerilebilir.
- Nanoparçacık katkısı genel olarak yapışma direncini düşürmüş, ancak D70’te %5 ZnO ve %1 ile %5 seramik kürecik katkısı arttırmıştır. Özellikle yapışma direncinin yüksek olması istenen yerlerde bu katkılardan yararlanılması önerilebilir.

- Nanoparçacık katkısı genel olarak ısı iletkenliği değerlerini arttırmıştır. Ancak, D99'da %5'lik seramik kürecik katkısı ısı iletkenliği katsayısını düşürmüştür. Bu nedenle yalıtım uygulamalarında kullanılması önerilebilir. Literatürde seramik kürecik nanoparçacığının yüksek katkı oranlarında ve kalın katmanlarda iyi bir ısı yalıtkanlığı sağladığı belirtilmiştir. Bu durumda, seramik küreciğin daha yüksek katkı oranlarında ve farklı katman kalınlıklarında denenmesi önerilebilir.
- ZnO ve seramik küreciğin su bazlı D99 ve D70 verniklerde UV etkilerine karşı renk stabilitesi sağladığı belirlenmiştir. Toplam renk değişiminin az olması istenilen durumlarda D99 ve D70 verniklerin ZnO ve seramik kürecik nanoparçacıklar ile modifiye edilmesi önerilebilir. Özellikle D70'te seramik kürecik, D99'da ZnO katkısı önerilebilir.
- Nanoparçacıkların verniklere katkı oranlarının renk stabilitesi sağlamada UV yaşlandırma etkisine yetersiz kaldığı düşünülmektedir. Farklı katkı oranları ile toplam renk değişimini azaltmaya yönelik yeni çalışmaların yapılması önerilebilir.
- Nanoparçacık modifiyesi su bazlı verniklerin yaşlandırma koşullarına karşı sertlik ve çizilme direncini arttırdığı, pürüzlülüğü azalttığı, renk stabilitesi sağladığı ve termal özellikleri iyileştirdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile verniklerin çizilme, aşınma ve eskime vb. mekanik etkilere karşı direncini arttıracığı, katmanda azalan pürürlülük ile yüzeyde kir, su vb. tutmanın azalacağı böylece açık hava koşullarına karşı daha az bozunma meydana geleceği, renk bozunmasının azalacağı ve daha iyi yalıtım sağlayacağı söylenebilir. Bu nedenler ile su bazlı verniklerin harici etkilere maruz kalacağı iç ve dış mekan mobilya ve donatılarında kullanılması önerilebilir.
- Çalışmada kullanılan nanoparçacıkların literatürde elde sonuçlara ek olarak anti bakteriyel ve mikrobiyel özelliklerinden bahsedilmektedir. Bu özelliklerinin araştırılması ile birlikte özellikle çocuk odası, ofis, yemek odası,

yatak odası vb. gün içerisinde sürekli temas edilen mobilya ve yerler ile kamerye işlerinde kullanımı önerilebilir.

- Her ne kadar nanoparçacık katkısı verniklerin maliyetini arttırsa da ağaç malzemelerin kullanım ömrünü uzatacağı için restorasyon çalışmalarında kullanımı önerilebilir.
- Nanoparçacıkların vernik katmanlarının ısı geçirgenliğini azaltmasından dolayı ahşap dış cephe kaplamalarında ve iç duvar kaplamalarında kullanımı önerilebilir.
- Yüksek oranlarda nem ve sıcaklığa maruz kalan yat ve tekne kamara ve mobilyalarında kullanımı önerilebilir.
- Su bazlı verniklerin çevreci olması, günümüzde solvent bazlı verniklere göre daha fazla tercih edilmesine sebep olmaktadır. Ancak bazı özelliklerinin solvent bazlı verniklerden düşük çıkması su bazlı vernikler hakkında yapılan çalışmaların önemini arttırmaktadır. Bu sebeple su bazlı verniklerin katman performanslarını geliştirmek için farklı içerik ve katkı oranlarında reçine, inorganik metal oksitler ile modifiyeli seramik küreciklerin kullanıldığı yeni çalışmaların yapılması, vernik katmanı özelliklerinin incelenmesi ve analizlerde FTIR, SEM, XRD, TGA gibi birçok analizin kullanımı ve değerlendirilmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Akgün, E. (2008). Ahşap yüzeylerde kullanılan nanoteknolojik verniklerin dayanım özelliklerinin diğer vernik sistemleriyle karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Bartın.
- Akkılıç, H., Kaymakcı, A., & Ünsal, Ö. (2014). Isıl İşlem Uygulanmış Ahşap Malzemenin Dış Cephe Kaplaması Olarak Değerlendirilme Potansiyeli, *7. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*, İstanbul.
- Akkuş, M. (2018). Toz Boyama Sistemlerinin Ahşap Kompozit Levhalara Uygulanması ve Performans Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Aksakal, F. N., Vaizoglu, S. A., & Güler, Ç. (2005). Mobilyalardaki Kimyasallar Ve Sağlık Etkileri. *Sürekli Tıp Eğitim Dergisi (STED)*, 14(12), 272.
- Akyıldız, H., Ateş, A., & Özdemir, H. (2009). Physical, Mechanical, Chemical Properties and Crystalline Structure of Heat Treated Oak (*Quercus petraea* Lieb.) Wood. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 13(3), 39-48.
- Altınok, M., Perçin, O., & Doruk, Ş. (2010). Isıl İşlemin (Thermo-Process) Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (023), 71-84.
- Altun, S., & Esmer, M. (2017). Isıl İşlemin Bazı Ağaç Malzemelerde Yüzey Pürüzlülüğü ve Vernik Yapışma Direncine Etkisi. *Politeknik Dergisi*, 20(1), 231-239.
- Anderson, E. L., Pawlak, Z., Owen, N. L., & Feist, W. C. (1991). Infrared Studies Of Wood Weathering. Part I: Softwoods. *Applied spectroscopy*, 45(4), 641-647.
- Arıç, E. (2010). Nanoyapıda Çinko Oksit Partiküllerinin Üretimi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- ASTM C1113 / C1113M-09. (2019). Standard Test Method for Thermal Conductivity of Refractories by Hot Wire (Platinum Resistance Thermometer Technique). *West Conshohocken, Pennsylvania, United States*.
- ASTM D2244-16. (2016). Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates. *West Conshohocken, Pennsylvania, United States*.

- ASTM D7787 / D7787M (2013). Standard Practice for Selecting Wood Substrates for Weathering Evaluations of Architectural Coatings. *West Conshohocken, Pennsylvania*, United States.
- ASTM D3023-98. (2017). Standard Practice for Determination of Resistance of Factory-Applied Coatings on Wood Products to Stains and Reagents. *West Conshohocken, Pennsylvania*, United States.
- ASTM D1644-01. (2017). Standard Test Methods for Nonvolatile Content of Varnishes. *West Conshohocken, Pennsylvania*, United States.
- ASTM D4366-16. (2016). Standard Test Methods for Hardness of Organic Coatings by Pendulum Damping Tests. *West Conshohocken, Pennsylvania*, United States.
- ASTM D4541-17. (2017). Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers. *West Conshohocken, Pennsylvania*, United States.
- ASTM G154-16. (2016). Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials. *West Conshohocken, Pennsylvania*, United States.
- Atar, M., Yalınkılıç, A. C., & Keskin, H. (2019). Isıl İşlemin Vernikli Ağaç Malzemede Renk Değişimine Etkisi. *Politeknik Dergisi*, 22(2), 407-413.
- Ayata, Ü. (2014). Isıl işlem görmüş (ThermoWood) Bazı Ağaç Türlerinde Kullanılan Su-Bazlı Vernik Katmanlarının Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Etkisine Karşı Direncinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, *Düzce Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü*. Düzce.
- Ayata, Ü., & Çakıcıer, N. (2017). Thermowood Metoduna Göre Isıl İşlem Görmüş ve Su-Bazlı Tek/Çift Bileşenli Vernik Uygulanmış Bazı Ağaç Türlerinde Hızlandırılmış UV Yaşlandırmanın Çizilme Direncine Etkisinin Belirlenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 1223-1235.
- Ayata, Ü., & Cakıcıer, N. (2018). ThermoWood Metoduna Göre Isıl İşlem Görmüş ve Su-Bazlı Vernikler Uygulanmış Ahşap Malzemeler Üzerinde Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Etkisine Karşı Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi. *GÜFBED*, 8(1), 122-134.
- Aydemir, D., & Gündüz, G. (2009). Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekaniksel ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15), 61-70.

- Aydın, İ., & Çolakoğlu, G. (2011). Odun Yüzeylerinde Pürüzlülük Ve Pürüzlülük Ölçüm Yöntemleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4(1), 92-102.
- Aytin, A. (2013). Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) Odununun Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Yüksek Sıcaklık Uygulamasının Etkisi. Doktora Tezi, *Düzce Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü*. Düzce.
- Aytin, A., Korkut, S., & Kol, H. Ş. (2016). Isıl İşlemin Ağaç Malzemede Isı Yalıtım Özelliğine Etkisi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 5(1), 173-180.
- Bahadır, İ., (2020). Çinko Oksit (ZnO) Nanopartiküllerinin Antifungal Aktivitesinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*. Eskişehir.
- Bak, M. (2018), Possibilities of Using Nanotechnology in Wood Colour Protection. *Öbuda University e-Bulletin*, 8(2), 29-33.
- Bauer, F., & Mehnert, R. (2005). UV Curable Acrylate Nanocomposites: Properties And Applications. *Journal of Polymer Research*, 12(6), 483-491.
- Belirgen, M. Z. (2014). Doğal ve Yapay Mezokristaller Üzerine Bir Çalışma: Sentez, Yapısal Karakterizasyon ve Fiziksel Özellik Araştırmaları. Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Blanchard, V., & Blanchet, P. (2011). Color Stability for Wood Products During Use: Effects of Inorganic Nanoparticles. *BioResources*, 6(2), 1219-1229.
- Bozkurt, Y., & Erdin, N. (1992). Ticarete Kullanılan Ağaçlarda Fiziksel Ve Mekanik Özellikler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 40(1), 6-24.
- Bozkurt, A.Y., & Erdin, N. (2000). *Odun Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi.
- Bozsaky, D. (2016). Special Thermal Insulation Methods of Building Constructions with Nanomaterials. *Acta Technica Jaurinensis*, 9(1), 29-41.
- Bozsaky, D. (2017). Thermodynamic Tests With Nano-Ceramic Thermal Insulation Coatings. *Pollack Periodica*, 12(1), 135-145.
- Bucur, V., & Martin, P. A. (2011). *Delamination in Wood, Wood Products and Wood-Based Composites*. Dordrecht: Springer.
- Budakçı, M. (2003). Pnömatik Adezyon Deney Cihazı Tasarımı, Üretimi ve Ahşap Verniklerinde Denenmesi. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

- Budakçı, M. (2006). Pnömatik Adezyon Deney Cihazı Tasarımı ve Üretimi. *Politeknik Dergisi*, 9(1), 53-58.
- Budakçı, M., & Sönmez, A. (2010). Bazı Ahşap Verniklerin Farklı Ağaç Malzeme Yüzeylerindeki Yapışma Direncinin Belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(1), 11-118.
- Budakçı, M., İlçe, A. C., Korkut, D. S., & Gurleyen, T. (2011). Evaluating The Surface Roughness of Heat-Treated Wood Cut With Different Circular Saws. *BioResources*, 6(4), 4247-4258.
- Budakçı, M., İlçe, A. C., 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.
- Can, A., & Sivrikaya, H. (2017). Combined Effects of Copper And Oil Treatment on The Properties of Scots Pine Wood. *Drewno, prace naukowe, doniesienia, komunikaty*, 60 (199), 89-103.
- Cestari, C. B. (2004). Interaction Between Science, Technology and Architecture in Timber Construction. *Proceedings of Culture 2000 Project*, Greek, Norwegian and Italian Actions. Elsevier.
- Cheng, X., Liu, P., Li, X., Shui, A., & Zeng, L. (2007). Preparation of Bauxite Ceramic Microsphere. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 22(1), 144-147.
- Chukhlanov, V. Y., Trifonova, T. A., Selivanov, O. G., Ilina, M. E., & Chukhlanova, N. V. (2017). Thin-Film Coatings Based on Hollow Inorganic Microspheres and Polyacrylic Binder. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(7), 1194-1199.
- Cochran, J. K. (1998). Ceramic Hollow Spheres And Their Applications. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 3(5), 474-479.
- Cristea, M. V., Riedl, B., & Blanchet, P. (2010). Enhancing The Performance of Exterior Waterborne Coatings for Wood By İnorganic Nanosized UV Absorbers. *Progress in Organic Coatings*, 69(4), 432-441.
- Cristea, M. V., Riedl, B., & Blanchet, P. (2011). Effect of Addition of Nanosized UV Absorbers on The Physico-Mechanical and Thermal Properties of an Exterior Waterborne Stain for Wood. *Progress in organic coatings*, 72(4), 755-762.
- Çakıcıer, N. (2007). Ağaç Malzeme Yüzey İşlem Katmanlarında Yaşlanma Sonucu Belirlenen Değişiklikler. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

- Çakıcıer, N., & Korkut, D. S. (2009). Ahsap Yüzeylere Uygulanan Kaplama Katmanlarında Yaslandırma Testleri. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5(1), 75-90.
- Çakıcıer, N., Korkut, S., & Korkut, D. S. (2011a). Varnish Layer Hardness, Scratch Resistance and Glossiness of Various Wood Species as Affected by Heat Treatment. *BioResources*, 6(2), 1648-1658.
- Çakıcıer, N., Korkut, S., & Güler, F. D. (2011b). Effects of Heating Treatment on Some of The Physical Properties of Varnish Layers Applied on Various Wood Species. *African Journal of Biotechnology*, 10(9), 1578-1585.
- Dagbro, O., Tornaiainen, P., Karlsson, O., & Morén, T. (2010). Colour Responses From Wood, Thermally Modified in Superheated Steam and Pressurized Steam Atmospheres. *Wood Material Science and Engineering*, 5(3-4), 211-219.
- Dagbro, O. (2016). Studies on Industrial-Scale Thermal Modification of Wood, Doctoral dissertation, *Luleå University of Technology*.
- Deka, M., & Petric, M. (2008). Photo-Degradation of Water Borne Acrylic Coated Modified and Non-Modified Wood During Artificial Light Exposure. *BioResources*, 3(2), 346-362.
- Demir, G. (2011). Nano TiO₂ Fotokatalizörün İç ve Dış Cephe İnşaat Boyalarında Etkisinin Araştırılması, Yüksek lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi*. Eskişehir.
- Demirci, Z., Sonmez, A., & Budakçı, M. (2013). Effect of Thermal Ageing on The Gloss and The Adhesion Strength of The Wood Varnish Layers. *BioResources*, 8(2), 1852-1867.
- Demirel, G. K., & Temiz, Ali. (2015). Ahşap Korumada Çevre Dostu Modifikasyon Yöntemleri. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2), 1016-1032.
- Dunningham, E., & Sargent, R. (2015). Review of New and Emerging International Wood Modification Technologies. Forest and Wood Products Australia.
- Ekmekçi, M. (2018). Nanomateryaller Kullanımıyla Organik Güneş Hücrelerinin Üretimi, Karakterizasyonları ve Güneş Enerjisi Santrallerinin Kurulumu. Doktora Tezi. *Ege Üniversitesi*. İzmir.
- Eren, M. (2019). Dış Cephe Boyalarında UV Dayanımının Arttırılması İçin Yeni Nesil Çinko Oksit Bazlı Nano Katkıların ve Hibrid Bağlayıcıların Geliştirilmesi. Doktora Tezi. *Hacettepe Üniversitesi*. Ankara.

- Esen, R., & Özcan, C. (2012). Isıl İşlemin Meşe (*Quercus petraea* L.) Ağaç Malzemede Yapışma Direncine Etkileri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 13(2), 150-154.
- Esteves, B., Velez Marques, A., Domingos, I., & Pereira, H. (2013). Chemical Changes of Heat Treated Pine and Eucalypt Wood Monitored by FTIR. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 15(2), 245-258.
- Feist, W.C. (1983). Weathering And Protection of Wood, *American wood-preserves' association*, 79, 195-205.
- Feist, W. C. (1990). Outdoor Wood Weathering and Protection. *American chemical society*, 11, 263-298.
- Fufa, S. M., Jelle, B. P., & Hovde, P. J. (2013). Effects of TiO₂ and Clay Nanoparticles Loading on Weathering Performance of Coated Wood. *Progress in Organic Coatings*, 76(10), 1425-1429.
- Gencer, A. (2009). İçi Boş Seramik Mikro Küre Katkılı Kompozit Isı Yalıtım Kaplamalarının Ev Tipi Fırınlarda Kullanımlarının Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Genç, U. (2019). Ahşap Yüzey İşlem Uygulamalarında Çerçe - Performans Değerlendirmesi: Kent Mobilyaları Örneği. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Gurau, L. (2004). The Roughness of Sanded Wood Surfaces. PhD Dissertation, *Brunel University, Forest Products Research Centre*, United Kingdom.
- Güler, F. D., (2010). Bazı Ağaç Türlerinde Isıl İşlem Uygulamasının Vernik Katman Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce.
- Gürleyen, T. (2018). Isıl İşlem Görmüş Bazı Ağaç Türlerine Uygulanan Sentetik Vernik, Su-Bazlı Vernik ve Tık Yağı Katmanlarının Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Etkisine Karşı Direncinin Saptanması. Doktora Tezi, *Düzce Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü*, Düzce.
- Gürleyen, L., Ayata, U., Esteves, B., & Çakıcıer, N. (2017). Effects of Heat Treatment on The Adhesion Strength, Pendulum Hardness, Surface Roughness, Color and Glossiness of Scots Pine Laminated Parquet With Two Different Types of UV Varnish Application. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 19(2), 213-224.

- Güy, N. (2017). Metal Katkılı Ve Kompozit ZnO Nanokatalizörlerin Geliştirilmesi ve Uygulamaları. Doktora Tezi. *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Sakarya.
- Hamed, M., Zedan, Y., Samuel, A. M., Doty, H. W., & Samuel, F. H. (2019). Milling Parameters of Al-Cu and Al-Si Cast Alloys. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(9-12), 3731-3743.
- Hill, C. A. (2006). *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes* (Vol. 5). John Wiley & Sons.
- Hill, C. A. (2009). The Potential for The Use of Modified Wood Products in The Built Environment. In *Proceedings of the 11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies (NOCMAT 2009)* 6-9 September 2009, Bath.
- Hyodo, T., Murakami, M., Shimizu, Y., & Egashira, M. (2005). Preparation of Hollow Alumina Microspheres by Microwave-Induced Plasma Pyrolysis of Atomized Precursor Solution. *Journal of the European Ceramic Society*, 25(16), 3563-3572.
- Iqbal, S., & Ahmad, S. (2018). Recent Development in Hybrid Conducting Polymers: Synthesis, Applications and Future Prospects. *Journal of industrial and engineering chemistry*, 60, 53-84.
- Jalili, M. M., Moradian, S., Dastmalchian, H., & Karbasi, A. (2007). Investigating the Variations In Properties of 2-Pack Polyurethane Clear Coat Through Separate Incorporation of Hydrophilic and Hydrophobic Nano-Silica. *Progress in Organic Coatings*, 59(1), 81-87.
- Jirouš-Rajković, V., Bogner, A., & Despot, R. (2004). The Efficiency of Various Treatments in Protecting Wood Surfaces Against Weathering. *Surface Coatings International. Part B, Coatings transactions*, 87(1), 15-20.
- Kabakcı, A. (2018). Bazı Ahşap Döşeme Kaplamalarında Kullanılan İçi Boşluklu Su Bazlı Boyanın Sertlik, Yapışma ve Isı Yalıtım Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. *Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.Kastamonu.
- Karamanoğlu, M. (2012). Açık Hava Şartlarında Bırakılmış Bazı Ağaç Malzemelerin Renk Açma İşlemi İle Restorasyonu. Yüksek Lisans Tezi, *Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce.
- Karamanoglu, M., & Akyıldız, M. H. (2013). Colour, Gloss And Hardness Properties Of Heat Treated Wood Exposed To Accelerated Weathering. *Pro Ligno*, 9(4), 729-738.

- Károly, Z., & Szépvölgyi, J. (2003). Hollow Alumina Microspheres Prepared by RF Thermal Plasma. *Powder Technology*, 132(2-3), 211-215.
- Kasal, B., & Tannert, T. (2011). *In Situ Assessment of Structural Timber*. Springer Science ve Business Media.
- Kaygin, B., & Akgun, E. (2008). Comparison of Conventional Varnishes With Nanolacke UV Varnish With Respect to Hardness and Adhesion Durability. *International journal of molecular sciences*, 9(4), 476-485.
- Kaygin, B., & Akgün E. (2009). A nano-technological product: An Innovative Varnish Type for Wooden Surfaces. *Scientific Research and Essays*, 4(1), 1–7.
- Kaymakcı, A. (2015). Çeşitli Güçlendirici Dolgularla Üretilen Ahşap Plastik Nanokompozitlerin Karakterizasyonu, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Kazan, B. (2009). Su Bazlı Vernik Uygulanmış Yüzey Üzerindeki Isıl İşlemin Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü* Kütahya.
- Kesik, H. İ. (2009). Değişik Kimyasallar İle Ön İşlem Görmüş Ağaç Malzeme Yüzeylerinde Su Bazlı Verniklerin Katman Performansı. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Kesik, H. İ., Korkut, S., Hiziroglu, S., & Sevik, H. (2014). An Evaluation of Properties of Four Heat Treated Wood Species. *Industrial Crops and Products*, 60, 60-65.
- Kesik, H., Vurdu, H., Çağatay, K., Özkan, O., & Öncel, M. (2015). Yağlı Isıl İşlem Görmüş Sarıçam Odunlarında Koruyucu Katmanın Yapışma ve Sertlik Özellikleri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(2), 261-266.
- Kesik, H. I., & Akyıldız, M. H. (2015). Effect of The Heat Treatment on The Adhesion Strength of Water Based Wood Varnishes. *Wood research*, 60(6), 987-994.
- Kesik, H. İ., Özkan, O. E., & Öncel, M. (2017). Characteristics of A Protective Layer On Oil Heat-Treated Scots Pine and Fir Wood. *BioResources*, 12(2), 3067-3075.
- Kılıç, A., & Hafızoğlu, H. (2007). Açık Hava Koşullarının Ağaç Malzemenin Kimyasal Yapısında Meydana Getirdiği Değişimler ve Alınacak Önlemler. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Orm. Fak. Derg. A* (2), 175-183.
- Korkut, S., & Kocaefe, D. (2009). Isıl İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5(2), 11-34.

- Korkut, S., & Budakçı, M. (2010). The Effects of High-Temperature Heat-Treatment on Physical Properties and Surface Roughness of Rowan (*Sorbus aucuparia* L.) Wood. *Wood Research*, 55(1), 67-78.
- Kurt, Ş., Uysal, B., & Özcan, C. (2009). Thermal Conductivity of Oriental Beech Impregnated with Fire Retardant. *Journal of Coatings Technology and Research*, 6(4), 523.
- Licchelli, M., Malagodi, M., Weththimuni, M. & Zanchi, C. (2012). Modification of Shellac Varnish by Nanoparticles and A Perfluoropolyether Based Polymer. *First International Symposium on Polymer Science And Technology (IIUPST)*, (Poster), November, Colombo, Sri Lanka.
- Marzi, T. (2015). Nanostructured Materials for Protection and Reinforcement of Timber Structures: A Review And Future Challenges. *Construction and Building Materials*, 97, 119-130.
- McIntyre, R. A. (2012). Common Nano-Materials and Their Use in Real World Applications. *Science progress*, 95(1), 1-22.
- Michell, A., & Higgins, H. (2002). Infrared Spectroscopy in Australian Forest Products Research. *CSIRO Forestry*.
- Militz, H. (2002). Heat Treatment Technologies in Europe, Scientific Background and Technological State-Of-Art. Enhancing The Durability of Lumber and Engineered Wood Products. *Forest Products Society*, Kissimmee, FL, USA.
- Miklečić, J., Jirouš-Rajković, V., Antonović, A., & Španić, N. (2011). Discolouration of Thermally Modified Wood During Simulated Indoor Sunlight Exposure. *BioResources*, 6(1), 434-446.
- Miklečić, J., Blagojević, S. L., Petrič, M., & Jirouš-Rajković, V. (2015). Influence of TiO₂ and ZnO Nanoparticles on Properties of Waterborne Polyacrylate Coating Exposed To Outdoor Conditions. *Progress in Organic Coatings*, 89, 67-74.
- Miklečić, J., Turkulin, H., & Jirouš-Rajković, V. (2017). Weathering Performance of Surface of Thermally Modified Wood Finished With Nanoparticles-Modified Waterborne Polyacrylate Coatings. *Applied Surface Science*, 408, 103-109.
- Moya, R., Rodríguez-Zúñiga, A., Vega-Baudrit, J., & Puente-Urbina, A. (2017). Effects of Adding TiO₂ Nanoparticles To A Water-Based Varnish for Wood Applied To Nine Tropical Woods of Costa Rica Exposed To Natural and Accelerated Weathering. *Journal of Coatings Technology and Research*, 14(1), 141-152.

- Nichols, M. E., & Gerlock, J. L. (2000). Rates of Photooxidation Induced Crosslinking and Chain Scission in Thermoset Polymer Coatings II. Effect Of Hindered Amine Light Stabilizer and Ultraviolet Light Absorber Additives. *Polymer Degradation and Stability*, 69(2), 197-207.
- Nikolic, M., Lawther, J. M., & Sanadi, A. R. (2015). Use of Nanofillers in Wood Coatings: A Scientific Review. *Journal of Coatings Technology and Research*, 12(3), 445-461.
- Nipane, D., Thakare, S. R., ve Khati, N. T. (2012). ZnO nanoparticle by sol-gel and its UV application in cosmetics formulation. *International Journal of Knowledge Engineering*, 3(1), 168-169.
- Öncel, M., Vurdu, H., Kaymakçı, A., Özkan, O. E., & Aydoğan, H. (2019). Coating Performances of Crimean Juniper (*Juniperus excelsa* M. BIEB.). *Wood. Cerne*, 25(1), 36-43.
- Örs, Y., & Keskin, H. (2001). *Ağaç Malzeme Bilgisi*. 1.Baskı, Atlas Yayın Dağıtım.
- Örs, Y., & Keskin, H. (2008). *Ağaç Malzeme Teknolojisi*. Gazi Kitabevi.
- Özalp, M., & Korkut, S. (2011). The Research of Borax Pentahydrate Effects With Water-Based Double Components in Varnish Applications of Wooden Materials. *Wood Res*, 56(1), 105-114.
- Özan, Z. E., Onat, S. M., & Aydemir, D. (2017). Sarıçam ve Uludağ Gökmar Odunlarının Bazı Özellikleri Üzerine Termal Muamelenin Etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 187-193.
- Özçifçi, A., Altun, S., & Yapıcı, F. (2009). Isıl İşlem Uygulamasının Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisi, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15.
- Pelit, H. (2014). Yoğunlaştırma ve Isıl İşlemin Doğu Kayını ve Sarıçamın Bazı Teknolojik Özellikleriyle Üstüzyüz İşlemlerine Etkisi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Pelit, H., Budakçı, M., Sönmez, A., & Burdurlu, E. (2015). Surface Roughness and Brightness of Scots Pine (*Pinus Sylvestris*) Applied With Water-Based Varnish After Densification and Heat Treatment. *Journal of Wood Science*, 61(6), 586-594.
- Pelit, H. (2017). The Effect of Different Wood Varnishes on Surface Color Properties of Heat Treated Wood Materials. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 67(2), 262-274.

- Pelit, H., Korkmaz, M., Budakçı, M., & Esen, R. (2017). The Effects of Densification and Heat Treatment on Thermal Conductivity of Fir Wood. *The Online Journal of Science and Technology*, 7(3), 117-122.
- Pelit, H., & Korkmaz, M. (2019). Effect of Water Based Varnishes Added Nano-Graphene on the Surface Properties of Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Wood. *Journal of Polytechnic*, 22(1), 203-212.
- Podgorski, L., Gröll, G., Truskaller, M., Lanvin, J. D., & Bollmus, S. (2011). Wet and Dry Adhesion of Coatings on Modified and Unmodified Wood: Influence of 18 Months of Natural Weathering on The Pull-Off Test and Cross-Cut Test Results. *In 42nd Annual Meeting of the International Research Group on Wood Protection*, 8-12 May 2011.
- Pospíšil, J., & Nešpurek, S. (2000). Photostabilization of Coatings. Mechanisms and Performance. *Progress in Polymer Science*, 25(9), 1261-1335.
- Rapp, A. O. (2001). Review on Heat Treatments of Wood. *In Proceedings of Special Seminar, Antibes, France*.
- Rezalou, S. (2019). SnO, ZnO ve SnO/ZnO Kompozit Nanoyapılarının Elektrokimyasal Sentezi: Kapasitif, Fotoakım ve Sensör Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, *Atatürk üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Saha, S., Kocaefe, D., Boluk, Y., & Pichette, A. (2013). Surface Degradation of CeO₂ Stabilized Acrylic Polyurethane Coated Thermally Treated Jack Pine During Accelerated Weathering. *Applied Surface Science*, 276, 86-94.
- Salla, J., Pandey, K. K., & Srinivas, K. (2012). Improvement of UV Resistance of Wood Surfaces by Using ZnO Nanoparticles. *Polymer Degradation and Stability*, 97(4), 592-596.
- Sandberg, D., Kutnar, A., & Mantanis, G. (2017). Wood Modification Technologies-A Review. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 10(6), 895.
- Sehlstedt-Persson, S. M. B. (1995). High-Temperature Drying of Scots Pine. A Comparison Between HT-And LT-Drying. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 53(2), 95-99.
- Sevinç, E. (2017). Nanoteknoloji İnovasyon Sistemi: Türkiye Tekstil Sektörü Örneği. Doktora Tezi. *Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*. İstanbul.
- Sow, C., Riedl, B., & Blanchet, P. (2011). UV-Waterborne Polyurethane-Acrylate Nanocomposite Coatings Containing Alumina and Silica Nanoparticles for

Wood: Mechanical, Optical and Thermal Properties Assessment. *Journal of coatings technology and research*, 8(2), 211-221.

Söğütlü, C. (2005). Bazı Faktörlerin Zımparalanmış Ağaç Malzeme Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Politeknik dergisi*, 8(4), 345-350.

Söğütlü, C., & Sönmez, A. (2006). The Effect of UV Lights on Color Changes on Some Local Wood Processed With Differential Preservatives. *J. of Faculty of Engineering and Architecture of Gazi Univ*, 21(1), 151-159.

Sönmez, A. (1989). Ağaçtan Yapılmış Mobilya Üstyüzeylerinde Kullanılan Verniklerin Önemli Mekanik, Fiziksel ve Kimyasal Etkilere Karşı Dayanıklılıkları. Doktora Tezi. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Ankara.

Sönmez, A., & Budakçı, M. (2004). Ağaç İşlerinde Üst yüzey İşlemleri II, Koruyucu Katman ve Boya/Vernik Sistemleri, İndeks İletişim, Ankara.

Sönmez, A., Budakçı, M., & Yakın, M. (2004). Ağaç Malzemede Su Çözücülü Vernik Uygulamalarının Sertlik, Parlaklık ve Yüzeye Yapışma Direncine Etkileri. *Politeknik Dergisi*, 7(3), 229-235.

Şahin, M. (2020). Değerli Metal İçeren Nanoparçacıkların Sentezi, Karakterizasyonu ve Kataliz Uygulamaları. Doktora Tezi. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Konya.

Şahin Kol, H., Uysal, B., Kurt, Ş., & Ozcan, C. (2010). Thermal Conductivity of Oak Impregnated With Some Chemicals and Finished. *BioResources*, 5(2), 545-555.

Şahin Kol, H., & Sefil, Y. (2011). The Thermal Conductivity Of Fir And Beech Wood Heat Treated at 170, 180, 190, 200, and 212 °C. *Journal of Applied Polymer Science*, 121(4), 2473-2480.

Şahin Kol, H., Kökten, E. S., & Özbay, G. (2016). Combined Effect of Heat Treatment and Varnishes on Thermal Conductivity of Fir and Beech Wood. *International Forestry Symposium (IFS 2016) Proceedings*, 07-10 December 2016, Kastamonu.

Şenol, S., & Budakçı, M. (2019). Effect of Thermo-Vibro-Mechanic® Densification Process on the Gloss and Hardness Values of Some Wood Materials. *BioResources*, 14(4), 9611-9627.

Şimşek, H., Baysal, E., Yilmaz, M., & Culha, F. (2013). Some Mechanical Properties of Wood Impregnated With Environmentally-Friendly Boron and Copper Based Chemicals. *Wood Research*, 58(3), 495-504.

- Tiryaki, S. (2012). Bazı Ağaç Türü Odunlarının İşlenmesinde Güç Tüketiminin ve Yüzey Pürüzlülüğünün Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Tiryaki, S. (2014). Odunun İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkili Faktörler. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 15(2), 176-182.
- Toker, H. (2007). Borlu Bileşiklerin Ağaç Malzemenin Bazı Fiziksel Mekanik ve Biyolojik Özelliklerine Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Ankara.
- Tomak, E. D., & Yıldız, Ü. C. (2010). Odunun Kimyasal Modifikasyonu. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 4, 1681-1690. Artvin.
- Tomak, E. D., Yazici, O. A., Parmak, E. D. S., & Gonultas, O. (2018). Influence of Tannin Containing Coatings on Weathering Resistance of Wood: Combination With Zinc and Cerium Oxide Nanoparticles. *Polymer Degradation and Stability*, 152, 289-296.
- Turunç, S. (2019). Nanoteknolojik Yapı Malzemelerinin Türk Yapı Sektöründe Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. *Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- TS 642 ISO 554. (1997). Kondisyonlama ve/veya Deney İçin Standard Atmosferler-Özellikler. *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- TS 2471. (2005). Odunda, Fiziksel Ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini. *Türk Standardları Enstitüsü*. Ankara.
- TS EN 15186. (2012). Mobilya - Çizilmeye Karşı Yüzey Mukavemetinin Değerlendirilmesi. *Türk Standardları Enstitüsü*. Ankara.
- TS EN ISO 2808. (2007). Boyalar ve Vernikler-Film Kalınlığı Tayini. *Türk Standardları Enstitüsü*. Ankara.
- TS 6956 EN ISO 4287/A1. (2013). Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ) - Yüzey Yapısı: Profil Metodu - Terimler, Tarifler Ve Yüzey Yapısı Parametreleri. *Türk Standardları Enstitüsü*. Ankara.
- Ulay, G., & Budakçı, M. (2015). Ahşap Yüzeylerde Kullanılan Su Bazlı Vernikler İle İlgili Türkiye’de Yapılan Çalışmalar. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(2), 470-480.
- Ulay, G., & Çakıcıer, N. (2017). Yat ve Tekne İmalatında Kullanılan Ağaç Türlerine Uygulanan Hızlandırılmış Yaşlandırma (QUV) İşleminin Koruyucu Katman Üzerine Etkisi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 212-218.

- Ulay, G. (2018). Yat ve Tekne Mobilyalarında Kullanılan Bazı Ağaç Türlerine Uygulanan Termal Modifikasyon ve UV Yaşlandırma İşlemlerinin Vernik Katman Performansları Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Doktora Tezi, *Düzce Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü*. Düzce.
- URL-1. Bayındır, M., *Yeni bir teknoloji devrimi Nanoteknoloji*, tarinde http://www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/dokumanlar/Nanoteknoloji_UNAM.pdf, Erişim Tarihi: 15/09/2019.
- URL-2. Şekil- 19'ncü Yüzyıldan Günümüze İnsanlığı Derinden Etkileyen Sanayi Devrimleri, <http://www.mfa.gov.tr/unam>, Erişim Tarihi: 16/09/2019.
- URL-3. Nanotechnology for the Forest Products Industry Vision and Technology Roadmap, https://www.tappi.org/content/pdf/nanotechnology_roadmap.pdf, Erişim Tarihi: 24/11/2019.
- URL-4. International ThermoWood Association, ThermoWood Handbook, <https://www.thermowood.fi/>, Erişim Tarihi: 12/07/2019.
- URL-5. Su Bazlı Boyalar Hakkında Bilgiler, <http://www.kimetsan.com/contents/products/7/98>, Erişim Tarihi: 30/04/2020.
- URL-6. Novawood, Teknik Şartname, [https://www.novawood.com/upload/files/novathermwood_Teknik_Sartname TR.pdf](https://www.novawood.com/upload/files/novathermwood_Teknik_Sartname_TR.pdf), Erişim Tarihi: 20/05/2020.
- URL-7. Novathermowood, ThermoWood El Kitabı, https://novawood.com/upload/dosyalar/Thermowood_El_Kitabi.pdf, Erişim Tarihi: 05/05/2020.
- Ünal, T. (2016). Nanopartiküller İle Modifiye Edilen Verniklerin Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük.
- Ünsal, O., Korkut, S., & Atik, C. (2003). The Effect of Heat Treatment on Some Properties and Colour İn Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Wood. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 5(2), 145-152.
- Ünsal, O., & Ayrılmış, N. (2005). Variations in Compression Strength and Surface Roughness of Heat-Treated Turkish River Red Gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood. *Journal of Wood Science*, 51(4), 405-409.
- Vardanyan, V., Galstian, T., & Riedl, B. (2015). Effect of Addition of Cellulose Nanocrystals to Wood Coatings on Color Changes and Surface Roughness Due to Accelerated Weathering. *Journal of Coatings Technology and Research*, 12(2), 247-258.

- Vatansever, A. (2015). Poli (bütil Akrilat-metil Metakrilat) Nanokompozitlerin Film Özelliklerinin İncelenmesi ve Boya Bağlayıcısı Olarak Kullanımı. Doktora Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Weichelt, F., Emmeler, R., Flyunt, R., Beyer, E., Buchmeiser, M. R., & Beyer, M. (2010). ZnO-Based UV Nanocomposites for Wood Coatings in Outdoor Applications. *Macromolecular Materials and Engineering*, 295(2), 130-136.
- Weththimuni, M.L., Capsoni, D., Malagodi, M. & Licchelli, M. (2019). Improving Wood Resistance to Decay by Nanostructured ZnO-Based Treatments. *Journal of Nanomaterials*, Vol. (2019).
- Wegner, T., & Jones, P. (2005). Nanotechnology for The Forest Products Industry. *Wood and fiber science*, 37 (4), 549-551.
- Wicks, Z.W., Jones E.N., & Pappas, S.P. (1999). Exterior durability: I. *J. Coating Technology*, 71(888), 53-55.
- Wilcox, D. L. (1995). Hollow and solid Spheres and Microspheres: Science And Technology Associated With Their Fabrication and Application: symposium held. *Materials Research Society*.
- Williams, R. S., & Feist, W. C. (1993). Durability of Paint or Solid-Color Stain Applied To Preweathered Wood. *Forest Products Journal*, 43(1), 9.
- Williams, R. S. (2005). *Weathering of Wood, Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Forest Products Laboratory, WI, 402-451.
- Yang, X. F., Vang, C., Tallman, D. E., Bierwagen, G. P., Croll, S. G., & Rohlik, S. (2001). Weathering Degradation of A Polyurethane Coating. *Polymer degradation and stability*, 74(2), 341-351.
- Yorgancıoğlu, A. (2017). Nano Çinko Oksit İçerikli Yağlayıcı Emülsiyonların Üretimi, Karakterizasyonu ve Çok Fonksiyonlu Deri Üretimi Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. İzmir.
- Zhao, D. P., Liu, J. H., Huang, B. Q., & Wei, X. F. (2012). Study on Scratch-Resistance and Abrasion-Resistance of Water-Based Varnish. *In Advanced Materials Research*, 380, 24-28.



EKLER

EK 1 YAŞLANDIRILMAMIŞ VE YAŞLANDIRILMIŞ DENEY ÖRNEKLERİNE AİT FOTOĞRAFLAR

Çam Kontrol Örnekleri	D70 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
							
	Yaşlandırılmamış Örnekler						
Çam Kontrol Örnekleri							
	240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler						

Çam Kontrol Örnekleri	D99 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
							
	Yaşlandırılmamış Örnekler						
Çam Kontrol Örnekleri							
	240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler						

EK 1'in devamı

Çam 190 °C Isıl İşlem Uygulanan Örnekler	D70 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
	Yaşlandırılmamış Örnekler						
	240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler						

Çam 190 °C Isıl İşlem Uygulanan Örnekler	D99 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
	Yaşlandırılmamış Örnekler						
	240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler						

EK 1'in devamı

Çam 212 °C Isıl işlem Uygulanan Örnekler	D70 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
	Yaşlandırılmamış Örnekler						
	240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler						

Çam 212 °C Isıl işlem Uygulanan Örnekler	D99 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
	Yaşlandırılmamış Örnekler						
	240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler						

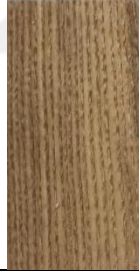
EK 1'in devamı

Dişbudak Kontrol Örnekleri	D70 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
							
	Yaşlandırılmamış Örnekler						
							
240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler							

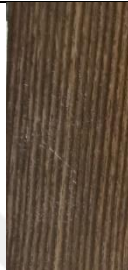
Dişbudak Kontrol Örnekleri	D99 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
							
	Yaşlandırılmamış Örnekler						
							
240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler							

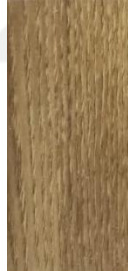
EK 1'in devamı

Dışbudak 190 °C Isıl İşlem Uygulanan Örnekler	D70 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
							
Yaşlandırılmamış Örnekler							
							
240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler							

Dışbudak 190 °C Isıl İşlem Uygulanan Örnekler	D99 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
							
Yaşlandırılmamış Örnekler							
							
240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler							

EK 1'in devamı

Dişbudak 212 °C Isıl işlem Uygulanan Örnekler	D70 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
							
	Yaşlandırılmamış Örnekler						
							
240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler							

Dişbudak 212 °C Isıl işlem Uygulanan Örnekler	D99 Vernikleri İle Kaplanmış						
	Kontrol	%1 ZnO	%3 ZnO	%5 ZnO	%1 Ser.	%3 Ser.	%5 Ser.
							
	Yaşlandırılmamış Örnekler						
							
240 UV Yaşlandırmaya Maruz Bırakılmış Örnekler							

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet KARAMANOĞLU
Doğum Yeri ve Yılı : Gököy/ORDU - 1985
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : mkaramanoglu@kastamonu.edu.tr



Eğitim Durumu

Lise : Ordu Anadolu Meslek Lisesi, 2003
Lisans : Abant İzzet Baysal Üniversitesi, 2008
Yüksek Lisans : Düzce Üniversitesi, 2012

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Gündoğdu Mobilya Ltd. Şti. (Stajyer), 2006-2006
İş Yeri : Sancaklı Mobilya Ağaç Sanayi ve Tic.Şti. (stajyer), 2008-2008
İş Yeri : Adyton Büro Sis. Tas. San. ve Tic.Ltd.Şti., 2008-2009
İş Yeri : Hasel Teknik Ahşap İnş. Oto. San. ve Tic. Ltd.Şti., 2009-2010
İş Yeri : Çelenk Mob.Hay.İnş.Nak.Tur.San ve Tic. Ltd.Şti., 2010-2011
İş Yeri : Kastamonu Üniversitesi - Tosya MYO (Öğr. Gör.), 2011- ...

Yayın Listesi :

İşleyen, Ü. K., & Karamanoğlu, M. (2019). The Influence of Machining Parameters on Surface Roughness of MDF in Milling Operation. *BioResources*, 14(2), 3266-3277.

Durmaz, E., Üçüncü, T., Karamanoglu, M., & Kaymakcı, A. (2019). Effects of Heat Treatment on Some Characteristics of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Wood. *BioResources*, 14(4), 9531-9543.

Budakçı, M., & Karamanoğlu, M. (2014). Effect of Bleaching on Hardness, Gloss, and Color Change of Weathered Woods. *BioResources*, 9(2), 2311-2327.

- Karamanoğlu, M., & Akyıldız, M. H. (2013). Colour, Gloss and Hardness Properties of Heat Treated Wood Exposed To Accelerated Weathering. *Pro Ligno*, 9(4), 729-738.
- Tor, Ö., Kaymakcı, A., & Karamanoğlu, M. (2019). Screw Driving Torques in Wood Polymer Composite Compatibilized with Maleic Anhydride-grafted Polypropylene. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(3), 777-784.
- Karamanoğlu, M., & Ulay, G. (2017). Deprem Riski Yüksek Bölgelerde İç Mekân Düzenlemelerinin İncelenmesi (Tosya Örneği). *Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 17(1), 186-193.
- Karamanoğlu, M., & Kaymakcı, A. (2018). Higrotermal Yaşlandırma İşleminin Isıl İşlem Görmüş Kestane Odununun Renk ve Sertlik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 31-37.
- Akyıldız, M. H., Kesik, H. İ., Çağatay, K., Karamanoğlu, M., Bıçak, S., Olgun, Ç., & Tiftik, A. (2016). Ahşap Malzeme Restorasyonunda Yüzey Temizleme Yöntemleri. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2), 1100-1113.
- Akyıldız, M. H., Kesik, H. İ., Karamanoğlu, M., & Bıçak, S. (2015). Enkesit Ahşap Malzemeler ve Kullanım Alanları. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2), 45-55.
- Bıçak, S., Akyıldız, M. H., Kesik, H. İ., & Karamanoğlu, M. (2015). Yatak Odası Tasarımlarının Estetik, Fonksiyonellik ve Malzeme Açısından İncelenmesi. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2), 814-833.
- Budakçı, M., & Karamanoğlu, M. (2014). Açık Hava Koşullarının Odunun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkileri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1), 37-47.
- Kaymakcı A., Birinci, E., Karamanoğlu, M., & Kesik H.İ. (2018). Evaluation of Lignocellulosic Waste in Wood Composite Production. *International Ecology 2018 Symposium*. Kastamonu.
- Kesik, H.İ., Sönmez, A., Karamanoğlu, M., Birinci, E., & Kaymakcı, A., (2018). The Impact of Color Change on Bleaching, Impregnation and Water Based Varnish of Pine (*Pinus sylvestris* L.). *International Ecotogy 2018 Symposium*. Kastamonu.
- Birinci, E., Karamanoğlu, M., Kesik, H.İ., & Kaymakcı, A. (2018). Determination of Performance Properties of the Oriented Strand Board Manufactured with Nano-TiO₂ Modified Urea-Formaldehyde. *International Congress on Engineering and Life Science, ICELIS 2018*, 172, Kastamonu.

- Karamanoğlu, M., Kaymakcı, A., Kesik, H.İ., & Birinci, E. (2018). Hygrothermal Aging Properties of Heat Treated Chestnut Wood (*Castanea sativa* Mill.). *International Congress on Engineering and Life Science, ICELIS 2018*, 607, Kastamonu.
- Karamanoğlu, M., Kaymakcı, A., & Tor, Ö. (2018). Hızlandırılmış Yaşlandırmaya Maruz Kalmış Isıl İşlem Görmüş Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *Nigra* var. *Caramenica* (Loudon) Rehder) Odununun Yapısal Analizi. *1st International Symposium on Light Alloys and Composite Materials (ISLAC'18)*, 95-96. Karabük.
- Karamanoğlu, M., Akyıldız, M.H., & Kesik, H.İ. (2017). Menengiç (*Pistaciaterebinthus* L.) Odununun Teknolojik ve Mekanik Özellikleri. *Uluslararası Taşköprü Pompeiopolis Bilim Kültür Sanat Araştırmaları Sempozyumu*.
- Akyıldız M.H., & Karamanoğlu M. (2016). Determination of Structural Changes under SEM on Heat Treated Wood Exposed to Accelerated Weathering. *International Forestry Symposium (IFS 2016)*, 726-736, Kastamonu.
- Karamanoğlu M., Akyıldız M.H., Bıçak S., & Kesik H.İ. (2016). Sectoral Evaluation of Furniture and Carpenter Industry-Wood and Forest Products Industry In Tosya, Kastamonu. *IFC 2016 International Furniture Congress*, 523-530, Muğla.
- Budakçı M., & Karamanoğlu M. (2015). The Restoration of Wood Material with Bleaching, *TheXXVIIth International Conference Research for Furniture Industry*, Gazi University Technology Faculty, 17-18 Eylül, p.: 227-241, Ankara, 2015.
- Karamanoğlu, M., & Akyıldız, M. H. (2013). Colour, Gloss and Hardness Properties of Heat Treated Wood Exposed to Accelerated Weathering. *Int. Conference Wood Science and Engineering in the Third Millennium-ICWSE 2013*, November 7-9, 729-738, Braşov-Romania.
- Karamanoğlu M., ve Ulay G. (2013). The Study Of Interior Arrangements In High Risk Earthquake Zones (The example of Tosya). *International Van Earthquake Symposium*, 215, Van.
- Kesik H.İ., Akyıldız M.H., Karamanoğlu M., Bıçak S., Çağatay K., Olgun Ç., & Tiftik A. (2015). Ahşap Malzeme Restorasyonunda Yüzey Temizleme Yöntemleri. *3. Ulusal Mobilya Kongresi*, 722-730, Konya.
- Bıçak S., Karamanoğlu M., Akyıldız M.H., & Kesik H.İ. (2015). Yatak Odası Tasarımlarının Estetik, Fonksiyonellik ve Malzeme Açısından İncelenmesi. *3. Ulusal Mobilya Kongresi*, 952-966, Konya.

Akyıldız M.H., Kesik H.İ., Karamanoğlu M., & Bıçak S. (2015). Enkesit Ahşap Malzemeler ve Kullanım Alanları. 3. *Ulusal Mobilya Kongresi*, 815-821, Konya.

Karakuş, B., & Karamanoğlu, M. (2013). Kompozit Malzemelerde Yapışma Direncine Etki Eden Faktörler. *II. Ulusal Mobilya Kongresi*, 9-18, Denizli.

