

**YOĞUNLAŞTIRMA VE ISIL İŞLEMİN DOĞU KAYINI VE
SARIÇAMIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİYLE
ÜSTYÜZEY İŞLEMLERİNE ETKİSİ**

Hüseyin PELİT

**DOKTORA TEZİ
MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2014
ANKARA**

Hüseyin PELİT tarafından hazırlanan “YOĞUNLAŞTIRMA VE ISIL İŞLEMİN DOĞU KAYINI VE SARIÇAMIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİYLE ÜSTYÜZEY İŞLEMLERİNE ETKİSİ” adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Abdullah SÖNMEZ

.....

Tez Danışmanı, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

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

Prof. Dr. Abdullah SÖNMEZ

.....

Ağaç İşleri End. Müh., Anabilim Dalı G.Ü.

Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ

.....

Orman End. Müh., Anabilim Dalı K.B.Ü.

Prof. Dr. Erol BURDURLU

.....

Ağaç İşleri End. Müh., Anabilim Dalı G.Ü.

Prof. Dr. Musa ATAR

.....

Ağaç İşleri End. Müh., Anabilim Dalı G.Ü.

Prof. Dr. İlker USTA

.....

Ağaç İşleri End. Müh., Anabilim Dalı H.Ü.

Tez Savunma Tarihi: 06.05.2014

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Hüseyin PELİT

**YOĞUNLAŞTIRMA VE ISIL İŞLEMİN DOĞU KAYINI VE SARIÇAMIN
BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİYLE ÜSTYÜZEY İŞLEMLERİNE
ETKİSİ**

(Doktora Tezi)

Hüseyin PELİT

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2014

ÖZET

Bu çalışmada, termo-mekanik yöntemle sıkıştırılmış ve ısıtıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerin bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri ile bu ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan su bazlı verniklerin katman özelliklerine, yoğunlaştırma ve ısıtıl işlem uygulamalarının etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla, sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) ağaçlarından elde edilen deney örnekleri özel tasarlanmış hidrolik pres vasıtası ile Termo-Mekanik (TM) yöntemle, 110 °C ve 150 °C sıcaklıkta, %20 ile %40 oranında radyal yönde sıkıştırılarak yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Ardından yoğunlaştırılmış deney örneklerinde meydana gelebilecek geri esneme (spring-back) etkisini en aza indirmek amacı ile örnekler ThermoWood yöntemine göre 190 °C, 200 °C ve 210 °C sıcaklıkta 2 saat süre ile ısıtıl işlem uygulanmıştır. Daha sonra vernik katmanlarının özelliklerini belirlemek amacı ile kullanılacak deney örneklerine endüstriyel uygulamalar göz önünde bulundurularak tek bileşenli ve çift bileşenli su bazlı vernikler uygulanmıştır.

Verniksiz deney örneklerinde; fiziksel özelliklerden hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı, geri esneme (spring-back) oranı, suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı, sıkıştırma yönü (radyal) şişme oranı,

ve hava kurusu yoğunluk; mekanik özelliklerden liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü; teknolojik özelliklerden radyal ve teğet yönde Brinell sertlik testleri; vernik uygulanan deney örneklerinde ise yüzey pürüzlülük, yüzey parlaklık, pandüllü yüzey sertlik ve vernik katmanlarının yüzeye yapışma (adezyon) direnci testleri yapılarak elde edilen veriler istatistiksel analize tabi tutulmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre; yoğunlaştırma işlemlerinden sonra deney örneklerinin yoğunluklarında %11'den %38'e kadar, mekanik ve teknolojik direnç özelliklerinde ise %4'den %81'e kadar artışlar sağlanmıştır. Isıl işlem uygulamasından sonra sıcaklık artışına paralel olarak direnç kayıpları meydana gelirken ısıl işlemsiz örneklerle göre %73'e kadar boyutsal stabilizasyon, %82'ye kadarda sıkıştırma oranı kazanımı sağlanmıştır. Yoğunlaştırma işlemlerinden sonra yüzey parlaklık ve yüzey sertlik değerlerinde artış, yüzey pürüzlülüğünde ise azalma meydana gelmiştir. Isıl işlem uygulamasından sonra yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği artarken yüzey parlaklığı azalmıştır. Vernik uygulaması sonucu yoğunlaştırılmış örneklerde ilkbahar ve yaz odunundaki farklı oranlarda şişme nedeni ile yüzey düzgünlüğü bozulurken (dalgalı oluşum), yoğunlaştırılmış ve ısıl işlem görmüş örnekler genel olarak daha iyi sonuçlar vermiştir. Ancak bu deney örneklerinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci düşük elde edilmiş ve ısıl işlem sıcaklığının artması ile düşüşlerin oranı da artış göstermiştir.

Bilim Kodu : 500.1.013

Anahtar Kelimeler : ağaç malzeme, yoğunlaştırma, ısıl işlem, fiziksel özellikler, mekanik özellikler, teknolojik özellikler, su bazlı vernik, katman özellikleri

Sayfa Adedi : 268

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Abdullah SÖNMEZ

**THE EFFECTS OF DENSIFICATION AND HEAT TREATMENT ON
FINISHING PROCESS WITH SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF
EASTERN BEECH AND SCOTS PINE**

(Ph.D. Thesis)

Hüseyin PELİT

**GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

May 2014

ABSTRACT

In this study, determination of some physical, mechanical, and technological properties of the wood materials which were densified with thermo-mechanical method and heat treatment is applied to; and determination of the effects of densification and heat treatment applications on the layer properties of water based lacquers which were applied to wood material surfaces were aimed. For this purpose, experimental samples obtained from oriental beech (*Fagus Orientalis* L.) and scotch pine (*Pinus Sylvestris* L.) trees were subjected to densification process at temperatures of 110 °C and 150 °C via compressing in radial direction with the rates of 20% and 40% with thermo-mechanical (TM) method in a particularly designed hydraulic press machine. And then, heat treatment was applied to the samples at temperatures of 190 °C, 200 °C, and 210 °C during 2 hours according to ThermoWood method for aiming to minimize spring-back effect which can take place in densified experimental samples. Afterwards, for the purpose of determining properties of lacquer layers, uni- and binary- component water based lacquers were applied to the experimental samples to be used, by taking industrial applications into account. In the experimental samples without lacquer; compression ratio in moisture of dry air, spring-back ratio test, recovery ratio in compression thickness after soaking in water, distend ratio along compression direction (radial), and dry air density

tests among physical properties; parallel pressure strength to the fibers, bending strength, and elasticity module in bending tests among mechanical properties; Brinell hardness tests in radial and tangential direction among technological properties have been conducted; in the samples which lacquer was applied to surface roughness, surface brightness, pendulum surface hardness and surface adhesion strength tests of lacquer layers have been conducted and obtained data was subjected to statistical analyses.

According to results of the research; increases from 11 to 38% in densities, increases from 4 to 81% in mechanical and technological strength properties of the experimental samples have been obtained after densification processes. While strength losses occur in parallel with temperature increases after heat treatment application, dimensional stabilization gains up to 73% and compression ratio gains up to 82% were obtained with respect to the samples without heat treatment. After densification processes; increase in surface brightness and surface hardness values, decrease in surface roughness took place. Surface brightness decreased while surface roughness and surface hardness increased after heat treatment application. In the samples which were densified as a result of lacquer application; while surface uniformity degraded (wavy formations) because of the different distend ratios in spring and summer wood, densified and heat treated samples generally led to better results. However, surface adhesion strength of lacquer layers was obtained low in these experimental samples and the rate of decreases has shown increase with increasing heat treatment temperatures.

Science Code	: 500.1.013
Key Words	: Wood material, densification, heat treatment, physical properties, mechanical properties, technological properties, water based lacquers, layer properties
Page Number	: 268
Supervisor	: Prof. Dr. Abdullah SÖNMEZ

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, tecrübelerinden istifade ettiğim tez danışmanım ve değerli hocam Prof. Dr. Abdullah SÖNMEZ'e, tecrübelerinden faydalandığım ve tezin ilerlemesi konusunda bana yol gösteren tez izleme komitesindeki hocalarım Prof. Dr. Erol BURDURLU'ya ve Prof. Dr. İlker USTA'ya, katkılarından dolayı tez jürisindeki hocalarım Prof. Dr. Musa ATAR'a, ve Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ'ye, çalışmam süresince bilgisini ve emeğini esirgemeyen hocam Doç. Dr. Mehmet BUDAKÇI'ya, çalışmamda yardımlarını gördüğüm sayın Prof. Dr. Mustafa ALTINOK'a, Doç. Dr. Hamza ÇINAR'a, Doç. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ'ye, Yrd. Doç. Dr. H.Özgür İMİRZİ'ye, Yrd. Doç. Dr. Volkan KILIÇLI'ya, Öğr. Gör. Dr. Onur ÜLKER'e, Öğr. Gör. Serkan ÖZDEMİR'e, Arş. Gör. Dr. A.Cihangir YALINKILIÇ'a, Arş. Gör. Memiş AKKUŞ'a, Arş. Gör. Mustafa KORKMAZ'a, Tekniker Musa ONAT'a, Gazi Üniversitesi ve Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü akademik ve idari personeline, Fatsa Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi'ndeki öğretmen arkadaşlarım ve öğrencilerime, Ulus Endüstri Meslek Lisesi Mobilya ve İç Mekan Tasarımı Alanı öğretmenlerine ve değerli arkadaşım Metin SEZEN'e, Ankara'da bulunduğum süre içerisinde evini bana açan değerli arkadaşım Veli ÖZDEMİR'e, çalışmada kullanılan ağaçların teminindeki yardımlarından dolayı Orm. Müh. Süleyman EL'e ve Orm. Müh. Hakan FAKİROĞLU'na, değerli büyüğüm M.Kemal KANMAZ'a, tomrukların biçilmesindeki yardımlarından dolayı Çevre Orman Ürünleri firmasına ve Lisan ERDOĞAN'a, kerestelerin kurutulmasındaki yardımlarından dolayı Benli Ağaç Parke yönetici ve çalışanlarına, verniklerin temini ve teknik bilgi desteklerinden dolayı Kimetsan firması yönetici ve çalışanlarına, yardımlarından dolayı Dual Boya Vernik firmasına ve Mete AKTER'e, manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim sevgili anneme ve büyük bir sabırla her zaman yanımda olan eşime en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xxviii
RESİMLERİN LİSTESİ	xxxii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xxxiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Ağaç Malzemede Yoğunluk ve Yoğunluğu Etkileyen Faktörler	4
2.1.1. Hava boşluğu oranı (porozite)	4
2.1.2. Yıllık halka genişliği.....	5
2.1.3. Ağaçta bulunduğu yer	5
2.1.4. Reaksiyon odunu.....	6
2.1.5. Su miktarı.....	6
2.2. Ağaç Malzemenin Yoğunlaştırılması	6
2.2.1. Yoğunlaştırmada kullanılan tarihsel yöntemler	7
2.2.2. Yoğunlaştırmada kullanılan yeni veya değişik yöntemler.....	11
2.3. Isıl İşlem	17
2.3.1. Isıl işlemin ağaç malzemede bazı özellikler üzerine etkisi.....	17
2.3.2. Isıl işlem yöntemleri	24

Sayfa

2.4. Ağaç Malzeme.....	29
2.4.1. Sarıçam (<i>Pinus sylvetsris</i> Lipsky).....	29
2.4.2. Doğu kayını (<i>Fagus Orientalis</i> Lipsky).....	30
2.5. Su Bazlı Vernik Sistemleri	31
3. LİTERATÜR ÖZETİ.....	33
4. MALZEME VE YÖNTEM.....	46
4.1. Malzeme	46
4.1.1. Ağaç malzeme.....	46
4.1.2. Vernik	46
4.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması	47
4.2.1. Tomrukların biçilmesi, kurutulması ve taslak olarak ölçülendirilmesi	47
4.2.2. Deney örneklerinin termo-mekanik yoğunlaştırılması	49
4.2.3. Deney örneklerine ısı işlem uygulanması	50
4.2.4. Deney örneklerinin ölçülendirilmesi	51
4.2.5. Üstyüzey testlerinde kullanılacak deney örneklerinin verniklenmesi .	53
4.3. Yöntem	54
4.3.1. Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranının belirlenmesi	54
4.3.2. Geri esneme (spring-back) oranının belirlenmesi.....	55
4.3.3. Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranının belirlenmesi	55
4.3.4. Radyal sıkıştırma yönü şişme oranının belirlenmesi	56
4.3.5. Hava kurusu yoğunluğun belirlenmesi	57
4.3.6. Liflere paralel basınç direncinin belirlenmesi	58

Sayfa

4.3.7. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi	59
4.3.8. Brinell sertliğin belirlenmesi	62
4.3.9. Verniklerde katı madde miktarının belirlenmesi	63
4.3.10. Verniklerde kuru katman (film) kalınlığının belirlenmesi.....	64
4.3.11. Yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi	65
4.3.12. Yüzey parlaklığının belirlenmesi.....	66
4.3.13. Pandüllü (salınımsal) yüzey sertliğinin belirlenmesi.....	67
4.3.14. Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direncinin belirlenmesi	68
4.3.15. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi	70
4.4. Verilerin Değerlendirilmesi.....	71
5. BULGULAR VE VERİ ANALİZİ	72
5.1. Fiziksel Özellikler	72
5.1.1. Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı.....	72
5.1.2. Geri esneme (spring-back) oranı.....	75
5.1.3. Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı	80
5.1.4. Radyal sıkıştırma yönü şişme oranı	86
5.1.5. Hava kurusu yoğunluk	92
5.2. Mekanik Özellikler.....	96
5.2.1. Liflere paralel basınç direnci	96
5.2.2. Eğilme direnci.....	102
5.2.3. Eğilmede elastikiyet modülü	108
5.3. Teknolojik Özellikler	114
5.3.1. Radyal yönde Brinell sertlik	114

Sayfa

5.3.2. Teğet yönde Brinell sertlik	119
5.4. Üstyüzey İşlemlerine Ait Özellikler	126
5.4.1. Verniklerin katı madde miktarı	126
5.4.2. Verniklerin kuru katman (film) kalınlığı	126
5.4.3. Yüzey pürüzlülüğü	134
5.4.4. Yüzey parlaklığı	156
5.4.5. Pandüllü (salınımsal) yüzey sertliği	177
5.4.6. Verniklerin yüzeye yapışma direnci	197
5.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	217
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	222
6.1. Fiziksel Özellikler	222
6.1.1. Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı	222
6.1.2. Geri esneme (spring-back) oranı	223
6.1.3. Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı	225
6.1.4. Radyal sıkıştırma yönü şişme oranı	227
6.1.5. Hava kurusu yoğunluk	229
6.2. Mekanik Özellikler	231
6.2.1. Liflere paralel basınç direnci	231
6.2.2. Eğilme direnci	232
6.2.3. Eğilmede elastikiyet modülü	233
6.3. Teknolojik Özellikler	235
6.3.1. Radyal yönde Brinell sertlik	235
6.3.2. Teğet yönde Brinell sertlik	237

Sayfa

6.4. Üstyüzey İşlemlerine Ait Özellikler	238
6.4.1. Verniklerin kuru katman (film) kalınlığı	238
6.4.2. Yüzey pürüzlülüğü	240
6.4.3. Yüzey parlaklığı	243
6.4.4. Pandüllü (salınımsal) yüzey sertliği	245
6.4.5. Verniklerin yüzeye yapışma direnci	247
KAYNAKLAR	253
EKLER	265
EK-1 Vernik katmanlarının yüzeye yapışma (adezyon) direnci testi	266
ÖZGEÇMİŞ	267

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Ağaç malzemenin yoğunlaştırılmasında kullanılan tarihsel yöntemler ...	8
Çizelge 2.2. Ağaç malzemenin yoğunlaştırılmasında kullanılan tarihsel yöntemlerin bazı özellikleri.....	8
Çizelge 2.3. Sarıçamın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri	29
Çizelge 2.4. Doğu kayınının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri	30
Çizelge 4.1. Verniklerin reçine grubu ve kısaltılmış kodları	46
Çizelge 4.2. Verniklerin teknik özellikleri ve bazı uygulama şartları.....	47
Çizelge 4.3. Fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerin belirlenmesi testlerinde kullanılacak deney örneklerinin sıkıştırma öncesi ölçüleri.....	48
Çizelge 4.4. Üstyüzey işlemlerine ait özelliklerin belirlenmesi testlerinde kullanılacak deney örneklerinin sıkıştırma öncesi ölçüleri.....	48
Çizelge 4.5. Yoğunlaştırma varyasyonları	49
Çizelge 4.6. Araştırma kapsamındaki testler, deney örneği ölçüleri ve sayıları.....	52
Çizelge 5.1. Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranları (%)	72
Çizelge 5.2. Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranlarına ait çoklu varyans analizi	73
Çizelge 5.3. Ağaç türü düzeyinde yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı değerlerine ait homojenlik grupları.....	73
Çizelge 5.4. Yoğunlaştırma düzeyinde yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı değerlerine ait homojenlik grupları.....	74
Çizelge 5.5. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı değerlerine ait homojenlik grupları.....	74
Çizelge 5.6. Geri esneme oranı değerlerine ait aritmetik ortalamalar (%).....	75
Çizelge 5.7. Geri esneme oranlarına ait çoklu varyans analizi	76
Çizelge 5.8. Ağaç türü düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları.....	76

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.9. Yoğunlaştırma düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	77
Çizelge 5.10. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	77
Çizelge 5.11. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	78
Çizelge 5.12. Ağaç türü- ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	78
Çizelge 5.13. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	79
Çizelge 5.14. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları.....	79
Çizelge 5.15. Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait aritmetik ortalamalar (%)	81
Çizelge 5.16. Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranlarına ait çoklu varyans analizi	81
Çizelge 5.17. Ağaç türü düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları	82
Çizelge 5.18. Yoğunlaştırma düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları ...	82
Çizelge 5.19. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları ...	83
Çizelge 5.20. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları	83
Çizelge 5.21. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları	84
Çizelge 5.22. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları	84

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.23. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları	85
Çizelge 5.24. Sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait aritmetik ortalamalar (%)	87
Çizelge 5.25. Sıkıştırma yönü şişme oranlarına ait çoklu varyans analizi.....	87
Çizelge 5.26. Ağaç türü düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	88
Çizelge 5.27. Yoğunlaştırma düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	88
Çizelge 5.28. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	89
Çizelge 5.29. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	89
Çizelge 5.30. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	90
Çizelge 5.31. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	90
Çizelge 5.32. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları	91
Çizelge 5.33. Hava kurusu yoğunluk değerlerine ait aritmetik ortalamalar (g/cm^3) .	93
Çizelge 5.34. Hava kurusu yoğunluk değerlerine ait çoklu varyans analizi	93
Çizelge 5.35. Ağaç türü düzeyinde hava kurusu yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları	94
Çizelge 5.36. Yoğunlaştırma düzeyinde hava kurusu yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları	94
Çizelge 5.37. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde hava kurusu yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları	95
Çizelge 5.38. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde hava kurusu yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları	95

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.39. Liflere paralel basınç direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar (N/mm ²).....	97
Çizelge 5.40. Liflere paralel basınç direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi	97
Çizelge 5.41. Ağaç türü düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları	98
Çizelge 5.42. Yoğunlaştırma düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları	98
Çizelge 5.43. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları	99
Çizelge 5.44. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları.....	99
Çizelge 5.45. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları.....	100
Çizelge 5.46. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları.....	100
Çizelge 5.47. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları	101
Çizelge 5.48. Eğilme direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar (N/mm ²).....	103
Çizelge 5.49. Eğilme direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi	103
Çizelge 5.50. Ağaç türü düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları	104
Çizelge 5.51. Yoğunlaştırma düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları	104
Çizelge 5.52. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları	105
Çizelge 5.53. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları	105
Çizelge 5.54. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları	106

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.55. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları	106
Çizelge 5.56. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları	107
Çizelge 5.57. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait aritmetik ortalamalar (N/mm^2).....	109
Çizelge 5.58. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait çoklu varyans analizi...	109
Çizelge 5.59. Ağaç türü düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları	110
Çizelge 5.60. Yoğunlaştırma düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları	110
Çizelge 5.61. Isıtma işlem sıcaklığı düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları	111
Çizelge 5.62. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları.....	111
Çizelge 5.63. Ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları.....	112
Çizelge 5.64. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları.....	112
Çizelge 5.65. Radyal yöndeki sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar (N/mm^2)	114
Çizelge 5.66. Radyal yöndeki sertlik değerlerine ait çoklu varyans analizi	115
Çizelge 5.67. Ağaç türü düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	115
Çizelge 5.68. Yoğunlaştırma düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	116
Çizelge 5.69. Isıtma işlem sıcaklığı düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	116
Çizelge 5.70. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	117

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.71. Ağaç türü-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	117
Çizelge 5.72. Yoğunlaştırma-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	118
Çizelge 5.73. Teğet yöndeki sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar (N/mm^2)	120
Çizelge 5.74. Teğet yöndeki sertlik değerlerine ait çoklu varyans analizi.....	120
Çizelge 5.75. Ağaç türü düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	121
Çizelge 5.76. Yoğunlaştırma düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	121
Çizelge 5.77. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	122
Çizelge 5.78. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	122
Çizelge 5.79. Ağaç türü-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	123
Çizelge 5.80. Yoğunlaştırma-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	123
Çizelge 5.81. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları.....	124
Çizelge 5.82. Verniklerin katı madde miktarı (%).....	126
Çizelge 5.83. Verniklerin kuru katman kalınlığı değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).....	127
Çizelge 5.84. Verniklerin kuru katman kalınlığı değerlerine ait çoklu varyans analizi	128
Çizelge 5.85. Yoğunlaştırma düzeyinde verniklerin kuru katman kalınlığı değerlerine ait homojenlik grupları	129
Çizelge 5.86. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde verniklerin kuru katman kalınlığı değerlerine ait homojenlik grupları	129

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.87. Ağaç türü-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde verniklerin kuru katman kalınlığına ait homojenlik grupları	130
Çizelge 5.88. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde verniklerin kuru katman kalınlığına ait homojenlik grupları	131
Çizelge 5.89. Ağaç türü-ısıtıl işlem sıcaklığı-verniki çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde verniklerin kuru katman kalınlığına ait homojenlik grupları	132
Çizelge 5.90. Sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm)	135
Çizelge 5.91. Sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerine ait çoklu varyans analizi...	135
Çizelge 5.92. Yoğunlaştırma düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	136
Çizelge 5.93. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	136
Çizelge 5.94. Vernik çeşidi düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	137
Çizelge 5.95. Yoğunlaştırma-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları ..	137
Çizelge 5.96. Yoğunlaştırma-verniki çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	138
Çizelge 5.97. Isıl işlem sıcaklığı-verniki çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	139
Çizelge 5.98. Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm)	141
Çizelge 5.99. Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerine ait çoklu varyans analizi	141
Çizelge 5.100. Yoğunlaştırma düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	142
Çizelge 5.101. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	142
Çizelge 5.102. Vernik çeşidi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	143

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.103. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları.	143
Çizelge 5.104. Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları.	144
Çizelge 5.105. Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları.	144
Çizelge 5.106. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	145
Çizelge 5.107. Yüzey pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm)	147
Çizelge 5.108. Yüzey pürüzlülük değerlerine ait çoklu varyans analizi.....	148
Çizelge 5.109. Ağaç türü düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	149
Çizelge 5.110. Yoğunlaştırma düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	149
Çizelge 5.111. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	149
Çizelge 5.112. Vernük çeşidi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	150
Çizelge 5.113. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	150
Çizelge 5.114. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	151
Çizelge 5.115. Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	151
Çizelge 5.116. Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	152
Çizelge 5.118. Ağaç türü-yoğunlaştırma-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	154
Çizelge 5.119. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları	154

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.120. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları ...	155
Çizelge 5.121. Sarıçamda yüzey parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar	156
Çizelge 5.122. Sarıçamda yüzey parlaklık değerlerine ait çoklu varyans analizi	157
Çizelge 5.123. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde sarıçamdaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	157
Çizelge 5.124. Vernik çeşidi düzeyinde sarıçamdaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	158
Çizelge 5.125. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları ...	158
Çizelge 5.126. Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar	160
Çizelge 5.127. Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerine ait çoklu varyans analizi	161
Çizelge 5.128. Yoğunlaştırma düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	161
Çizelge 5.129. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	162
Çizelge 5.130. Vernik çeşidi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	162
Çizelge 5.131. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları....	163
Çizelge 5.132. Yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları....	163
Çizelge 5.133. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları....	164
Çizelge 5.134. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	165
Çizelge 5.135. Yüzey parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar	167

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.136. Yüzey parlaklık değerlerine ait çoklu varyans analizi	168
Çizelge 5.137. Ağaç türü düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	169
Çizelge 5.138. Yoğunlaştırma düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	169
Çizelge 5.139. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	169
Çizelge 5.140. Vernik çeşidi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	170
Çizelge 5.141. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	170
Çizelge 5.142. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	171
Çizelge 5.143. Ağaç türü- vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	171
Çizelge 5.144. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	172
Çizelge 5.145. Yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	173
Çizelge 5.146. Isıl işlem sıcaklığı -vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	173
Çizelge 5.147. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	174
Çizelge 5.148. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	175
Çizelge 5.149. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dörtlü etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları	176
Çizelge 5.150. Sarıçamda yüzey sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar (salınım)	177
Çizelge 5.151. Sarıçamda yüzey sertlik değerlerine ait çoklu varyans analizi	178

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.152. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde sarıçamdaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	178
Çizelge 5.153. Vernik çeşidi düzeyinde sarıçamdaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	179
Çizelge 5.154. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	179
Çizelge 5.155. Yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları.....	180
Çizelge 5.156. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	181
Çizelge 5.157. Doğu kayınında yüzey sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar (salınım).....	183
Çizelge 5.158. Doğu kayınında yüzey sertlik değerlerine ait çoklu varyans analizi	183
Çizelge 5.159. Yoğunlaştırma düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	184
Çizelge 5.160. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	184
Çizelge 5.161. Vernik çeşidi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	185
Çizelge 5.162. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları.....	185
Çizelge 5.163. Yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları.....	186
Çizelge 5.164. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları.....	187
Çizelge 5.165. Yüzey sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar (salınım)	189
Çizelge 5.166. Yüzey sertlik değerlerine ait çoklu varyans analizi	190
Çizelge 5.167. Ağaç türü düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	191

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.168. Yoğunlaştırma düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	191
Çizelge 5.169. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	191
Çizelge 5.170. Vernik çeşidi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	192
Çizelge 5.171. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	192
Çizelge 5.172. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	193
Çizelge 5.173. Ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	193
Çizelge 5.174. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	194
Çizelge 5.175. Yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	195
Çizelge 5.176. Isıl işlem sıcaklığı -vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	195
Çizelge 5.177. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları.....	196
Çizelge 5.178. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları	197
Çizelge 5.179. Sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar (MPa)	198
Çizelge 5.180. Sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi	198
Çizelge 5.181. Yoğunlaştırma düzeyinde sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları.....	199
Çizelge 5.182. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları.....	199

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.183. Vernik çeşidi düzeyinde sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları.....	200
Çizelge 5.184. Yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	200
Çizelge 5.185. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	201
Çizelge 5.186. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	202
Çizelge 5.187. Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar (MPa)	204
Çizelge 5.188. Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi	204
Çizelge 5.189. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları.....	205
Çizelge 5.190. Vernik çeşidi düzeyinde Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları.....	205
Çizelge 5.191. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	206
Çizelge 5.192. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	206
Çizelge 5.193. Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar (MPa).....	208
Çizelge 5.194. Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi	209
Çizelge 5.195. Ağaç türü düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	210
Çizelge 5.196. Yoğunlaştırma düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	210

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.197. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	210
Çizelge 5.198. Vernik çeşidi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	211
Çizelge 5.199. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	211
Çizelge 5.200. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	212
Çizelge 5.201. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	212
Çizelge 5.202. Isıl işlem sıcaklığı -vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	213
Çizelge 5.203. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	214
Çizelge 5.204. Ağaç türü-yoğunlaştırma-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	215
Çizelge 5.205. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları	216

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Compreg'den yapılmış dişli örnekleri	10
Şekil 2.2. Termo-mekanik (TM) yöntemle sıkıştırılmış ağaç malzemenin nem veya suya maruz kalması sonucu meydana gelen geri esneme.....	12
Şekil 2.3. THM yoğunlaştırma sürecinde kullanılan kapalı sistem presin şematik görünümü.....	12
Şekil 2.4. Termo-mekanik (TM) yöntemle yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin hücre yapısında meydana gelen deformasyon (kırılma, çatlama v.b.)	13
Şekil 2.5. THM yoğunlaştırma işlemi	13
Şekil 2.6. Quintus preste yarı-izostatik sıkıştırılmış Sarıçam (Pinus sylvestris L.)'ın yoğunlaştırma öncesi ve sonrası görünümü.....	16
Şekil 2.7. Ağaç malzeme bileşiklerinde ısı işlem muamelesi ve kurutmadan dolayı meydana gelen değişimler	18
Şekil 2.8. Plato wood yöntemi işlem safhaları	25
Şekil 2.9. Sıcak yağla ısı işlem yönteminin şematiksel olarak gösterilmesi.....	26
Şekil 2.10. TermoWood yönteminin uygulanması	28
Şekil 4.1. (a) 190 °C sıcaklıkta, (b) 200 °C sıcaklıkta ve (c) 210 °C sıcaklıkta uygulanan ısı işlemin şematik gösterimi	51
Şekil 4.2. Brinell sertlik testi.....	62
Şekil 4.3. Tarama iğnesi ile belirlenen yüzey profili örneği	65
Şekil 4.4. Gloss-metre ölçüm prensibi	67
Şekil 4.5. Pandüllü sertlik ölçüm cihazı.....	68
Şekil 5.1. Sarıçam ve Doğu kayınında yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranlarının karşılaştırmalı görünümü	75
Şekil 5.2. Sarıçamda geri esneme oranlarının karşılaştırmalı görünümü.....	80
Şekil 5.3. Doğu kayınında geri esneme oranlarının karşılaştırmalı görünümü.....	80

Şekil	Sayfa
Şekil 5.4. Sarıçamda suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranlarının karşılaştırmalı görünümü	86
Şekil 5.5. Doğu kayınında suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranlarının karşılaştırmalı görünümü.....	86
Şekil 5.6. Sarıçamda sıkıştırma yönü şişme oranlarının karşılaştırmalı görünümü...	92
Şekil 5.7. Doğu kayınında sıkıştırma yönü şişme oranlarının karşılaştırmalı görünümü.....	92
Şekil 5.8. Sarıçamda hava kurusu yoğunluk değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	96
Şekil 5.9. Doğu kayınında hava kurusu yoğunluk değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	96
Şekil 5.10. Sarıçamda liflere paralel basınç direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	102
Şekil 5.11. Doğu kayınında liflere paralel basınç direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	102
Şekil 5.12. Sarıçamda eğilme direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	108
Şekil 5.13. Doğu kayınında eğilme direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	108
Şekil 5.14. Sarıçamda eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	113
Şekil 5.15. Doğu kayınında eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	113
Şekil 5.16. Sarıçamda radyal yöndeki sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	119
Şekil 5.17. Doğu kayınında radyal yöndeki sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	119
Şekil 5.18. Sarıçamda teğet yöndeki sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	125
Şekil 5.19. Doğu kayınında teğet yöndeki sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	125
Şekil 5.20. Sarıçam yüzeylerine uygulanmış Tbs'nin kuru katman (film) kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	133

Şekil	Sayfa
Şekil 5.21. Doğu kayını yüzeylerine uygulanmış Tbs'nin kuru katman (film) kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	133
Şekil 5.22. Sarıçam yüzeylerine uygulanmış Çbs'nin kuru katman (film) kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	134
Şekil 5.23. Doğu kayını yüzeylerine uygulanmış Çbs'nin kuru katman (film) kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	134
Şekil 5.24. Knt3 (verniksiz) sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	139
Şekil 5.25. Tbs uygulanmış sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	140
Şekil 5.26. Çbs uygulanmış sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	140
Şekil 5.27. Knt3 (verniksiz) Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	146
Şekil 5.28. Tbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	146
Şekil 5.29. Çbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	146
Şekil 5.30. Knt3 (verniksiz) sarıçamda yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	159
Şekil 5.31. Tbs uygulanmış sarıçamda yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	159
Şekil 5.32. Çbs uygulanmış sarıçamda yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	159
Şekil 5.33. Knt3 (verniksiz) Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	166
Şekil 5.34. Tbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	166
Şekil 5.35. Çbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü.....	166

Şekil	Sayfa
Şekil 5.36. Knt3 (verniksiz) sarıçamda yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	181
Şekil 5.37. Tbs uygulanmış sarıçamda yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	182
Şekil 5.38. Çbs uygulanmış sarıçamda pandüllü sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	182
Şekil 5.39. Knt3 (verniksiz) Doğu kayınında yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	188
Şekil 5.40. Tbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	188
Şekil 5.41. Çbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	188
Şekil 5.42. Tbs uygulanmış sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	203
Şekil 5.43. Çbs uygulanmış sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	203
Şekil 5.44. Tbs uygulanmış Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	207
Şekil 5.45. Çbs uygulanmış Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü	207

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Melez kavak türünün doğal haldeki görünüşü (sol) ve VTC ile yoğunlaştırılmış haldeki görünüşü (sağ).....	15
Resim 2.2. Sarıçamın doğal haldeki görünüşü (sol) ve yalnız bir tablası ısıtılmış pres kullanılarak yüzeyi yoğunlaştırılmış görünüşü (sağ).....	17
Resim 4.1. Tomrukların kaba ölçülerde kerestelere dönüştürülmesi	47
Resim 4.2. Yoğunlaştırma işlemlerinde kullanılan hidrolik pres.....	49
Resim 4.3. Sıkıştırma öncesi örneklerin sıcak preste ısıtılması ve metal stoplayıcı çıtaların konumu	50
Resim 4.4. Püskürtme-sis tabancası ile vernik uygulaması	53
Resim 4.5. Deney örneklerinin su içerisinde bekletilmesi	57
Resim 4.6. Örneklerin 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem şartlarında kondisyonlanması	58
Resim 4.7. Liflere paralel basınç direnci testi.....	59
Resim 4.8. Statik eğilme direnci testi.....	60
Resim 4.9. Brinell sertlik deneyi ve çukur çaplarının ölçülmesi	63
Resim 4.10. Kuru katman (film) kalınlığı ölçümü	64
Resim 4.11. Yüzey pürüzlülük ölçümü.....	66
Resim 4.12. Yüzey parlaklık ölçümü	66
Resim 4.13. Pandüllü yüzey sertlik ölçümü	68
Resim 4.14. Adezyon test cihazı	69
Resim 4.15. Deney silindirisinin kalıp yardımı ile katmana yapıştırılması.....	69
Resim 4.16. Deney silindirisinin ilkbahar ve yaz odunu dengelemesine dikkat edilerek yapıştırılması	70
Resim 4.17. SEM görüntüleme cihazı ve numunelerin cihaza yerleştirilmesi	71

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Kontrol (işlemsiz) sarıçamda SEM görüntüsü.....	217
Resim 5.2. 210 °C ısıtılmış sarıçamda SEM görüntüsü	217
Resim 5.3. 110 °C’de %40 sıkıştırılmış sarıçamda SEM görüntüsü.....	218
Resim 5.4. 110 °C’de %40 sıkıştırılmış 210 °C ısıtılmış sarıçamda SEM görüntüsü	218
Resim 5.5. 150 °C’de %40 sıkıştırılmış sarıçamda SEM görüntüsü.....	219
Resim 5.6. Kontrol (işlemsiz) Doğu kayınında SEM görüntüsü	219
Resim 5.7. 210 °C ısıtılmış Doğu kayınında SEM görüntüsü	220
Resim 5.8. 110 °C’de %40 sıkıştırılmış Doğu kayınında SEM görüntüsü	220
Resim 5.9. 110 °C’de %40 sıkıştırılmış 210 °C ısıtılmış Doğu kayınında SEM görüntüsü	221
Resim 5.10. 110 °C’de %40 sıkıştırılmış Doğu kayınında SEM görüntüsü	221

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
b	Hava boşluğu
ç	Hücre çeperi maddesi
Em	Eğilmede elastikiyet modülü, N/mm ²
g	Gram
GPa	Gigapascal
HB	Brinell sertlik, N/mm ²
K_m	Katı madde oranı, %
M	Kütle
MPa	Megapascal
N	Newton
r	Rutubet
Ra	Ortalama pürüzlülük, µm
V	Hacim
δ₀	Tam kuru yoğunluk, g/cm ³
δ₁₂	Hava kurusu yoğunluk, g/cm ³
α_k	Kalınlık artış (şişme) oranı, %
σ_b	Liflere paralel basınç direnci, N/mm ²
σ_e	Eğilme direnci, N/mm ²
µm	Mikron
$\bar{x}$	Aritmetik ortalama

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ANOVA	Analysis of Variance
ASTM	American Society for Testing and Materials
Çbs	Çift bileşenli su bazlı vernik
GDO	Geri dönüş oranı
GEO	Geri esneme oranı
ISO	International Standart Organization
Knt1	Yoğunlaştırılmamış
Knt2	Isıl işlemsiz
Knt3	Verniksiz
LDN	Lif Doygunluğu Noktası
LM	Işık mikroskobu
LSD	En küçük önemli aralık
OHT	Oil Heat Treatment – Sıcak yağla muamele
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
Sd	Su bazlı dolgu verniği
SO	Sıkıştırma oranı
St.S	Standart sapma
Tbs	Tek bileşenli su bazlı vernik
THM	Thermo Hygro Mechanical – Termo Higio Mekanik
TM	Thermo Mechanical – Termo Mekanik
TS EN	Türk Standartları Enstitüsü Euro Norm
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UV	Ultraviole
VOC	Organik esaslı uçucu bileşik
VTC	Viscoelastic Thermal Compression

1. GİRİŞ

Ağaç malzeme, tarih boyunca insan gereksinimlerine yönelik pekçok alanda kullanılmıştır. Günümüzde ise teknolojik gelişmelerle birlikte kullanım alanı oldukça artan endüstriyel bir ürün haline gelmiştir. İnsan nüfusundaki artış ve yeni kullanım alanları ağaç malzemeye olan talebi arttırmakta ancak orman varlıklarının giderek azalmasına neden olmaktadır. Bu durum mevcut kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılmasını, düşük direnç özelliklerine sahip ağaç türlerinin modifikasyonu ile sektörde kullanımını ve değişik malzemeler üretilmesini zorunlu kılmaktadır.

Ağaç malzemenin birçok özelliğinde olduğu gibi, mekanik direnç özellikleri de yoğunluğu ile yakından ilişkilidir. Özellikle hızlı büyüyen yumuşak ağaç türleri daha fazla boşluklu dokular oluşturur ve yoğunlukları nispeten düşüktür. Ağaç işleri endüstrisinde kaliteli ağaç malzemeye olan yüksek talep, artan fiyatlar ve azalan orman varlıkları nedeniyle oluşan çevre bilinci bu yumuşak ağaç türlerinin direnç özelliklerinin iyileştirilerek (yoğunlaştırma modifikasyonu) sektörde kullanımını ve/veya kullanım alanının genişletilmesini önemli hale getirmektedir.

Yoğunlaştırma işlemleri ile ağaç malzemenin çoğu özelliği geliştirilebilmektedir. Ağaç malzeme basınç altında sıkıştırılarak, hücre çeperine bazı kimyasalların emdirilmesiyle (impregnasyon) veya sıkıştırma ile impregnasyonun birlikte kullanılmasıyla yoğunlaştırılabilir [Kutnar ve Sernek, 2007]. Ağaç malzemede yoğunlaştırma işlemleri 20. yüzyılın başlarında endüstriyel olarak yapılmaya başlamış ve yoğunlaştırılmış ahşap ticari bir ürün olarak piyasaya sunulmuştur. Ancak yoğunlaştırma aşamasında ve yoğunlaştırma sonrası ağaç malzemede karşılaşılan bazı olumsuzluklar nedeni ile yoğunlaştırılmış ahşabın kullanım alanı ve endüstriyel uygulaması sınırlıdır.

Sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin en önemli dezavantajı, su ile temas ettiğinde veya neme maruz kaldığında, sıkıştırılmadan önceki başlangıç ölçülerine geri dönme (geri esneme-springback) eğiliminde olmasıdır. Buradaki geri esneme gerçek şişmenin aksine geri dönüşümü olmayan bir durumdur. Bu durum, sıcaklığın

etkisi ile ahşabın yumuşamasından sonra sıkıştırma nedeni ile iç kısımda oluşan hapsedilmiş gerilmelerin sıkıştırma sonrası serbest kalmasından kaynaklanmaktadır [Seborg ve ark., 1956].

Ağaç malzemenin bazı olumsuz özelliklerinin (boyutsal değişim, biyolojik yıkım vb.) iyileştirilerek kullanım alanını genişletmeye yönelik olarak yapılan ve kullanımı her geçen gün artış gösteren ağaç malzeme modifikasyon yöntemlerinden birisi de ısı-termal işlemlerdir.

Isıl işlem, eski çağlardan beri ahşap kurutma ve ahşap özelliklerinin modifiye edilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Günümüzde de ısıl işlem aynı nedenlerden dolayı endüstriyel olarak kullanılmaktadır. 150 °C ve üstündeki sıcaklıklardaki ısıl işlemlerle ağaç malzemenin rengi değiştirilebilmekte, biyolojik direnç ve boyutsal stabilizasyon iyileştirilebilmektedir. Fakat ağaç malzemenin mekanik direnç özelliklerinde kayıplar olmakta ve kimyasal yapısı değişmektedir. Bu dezavantaj ısıl işlemleri malzemenin kullanım yerini sınırlamaktadır [Aydemir ve Gündüz, 2009].

Günümüzde, ağaç malzeme ile üretilen mobilya ve dekorasyon elemanları ile çeşitli yapı elemanlarının korunmasında daha çok koruyucu katman yapan üstyüzey gereçleri kullanılmaktadır. Ağaç malzeme yüzeylerinin estetik ve ekonomik ömrünün uzatılabilmesi amacıyla, koruyucu katman oluşturmada sıvı yüzey işlemleri için ise en çok kullanılan gereçler boya ve verniklerdir [Kurtoğlu, 2000].

Sanayi ve toplumun öncelik listesinin üst sıralarında olan sürdürülebilirlik, maliyet, çevre, güvenlik ve sağlık gibi özellikler günümüzde kullanılan boya-verniklerin performansı üzerinde yüksek talepler ortaya çıkarmaktadır. Bu talepler yüksek sertlik, yüksek yapışma özelliği, solvent içermeyen ve yüksek esneklik özelliğine sahip, düşük uçucu organik bileşik (VOC) ve bunların kombinasyonları gibi birçok çelişkili gereksinimden oluşmaktadır [Overbeek, 2010]. Koruyucu katman oluşturmada kullanılan su çözücülü vernikler bahsedilen bu gereksinimlerin karşılanmasında önemli bir yer tutmaktadır. Geleceğin boya-vernik sistemi olması öngörülen su çözücülü sistemlerin solvent çözücülü sistemlere göre çevre dostu

oluşu, uygulayıcı ve kullanıcıya zarar vermemesi gibi bazı üstün özelliklerinden dolayı kullanımı her geçen gün artış göstermektedir [Sönmez ve ark., 2011].

Gerek yoğunlaştırma ve gerekse ısıtma işlem uygulamaları ile ağaç malzemenin bazı özellikleri iyileştirilebilmektedir. Ancak her iki modifikasyon yönteminde önemli bazı olumsuzluklarının olması malzemenin son kullanım yerini sınırlamaktadır. Bu çalışma ile; odun modifikasyon yöntemlerinden olan yoğunlaştırma (termo-mekanik yöntem) ve ısıtma işleminin (ThermoWood yöntemi) birlikte uygulanarak, her iki yöntemin olumsuz yönlerinin telafi edilebilirliğinin ve elde edilen ürünün (*Yoğunlaştırılmış-ThermoWood*) değişik alanlarda kullanımı için imkan ve kısıtlarını ortaya koymak, aynı zamanda yoğunlaştırma ve ısıtma işlem uygulamalarının su bazlı verniklerin katman özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonuçlarının; çevre dostu ürünlerin ve üretim teknolojilerinin kullanımının yaygınlaştırılabilmesi ve de orman varlıklarının daha dengeli tüketimi açısından önem arz ettiği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) ağaçlarından elde edilen deney örnekleri özel tasarlanmış hidrolik pres vasıtası ile Termo-Mekanik (TM) yöntemle, iki farklı sıcaklık (110 °C ve 150 °C) ve iki farklı oranda (%20 ve %40) radyal yönde sıkıştırılarak yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra deney örneklerinde boyutsal stabiliteyi sağlamak için hedeflenen üç farklı sıcaklıkta (190 °C, 200 °C ve 210 °C) ve su buharı koruması altında ThermoWood yöntemine göre ısıtma işlem uygulanmıştır. Yoğunlaştırılmış ve ardından ısıtma işlem uygulanmış deney örneklerinde meydana gelen değişimleri tespit etmek için bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik testler yapılmıştır. Ayrıca yoğunlaştırma ve ısıtma işlem uygulamalarının su bazlı verniklerin katman özelliklerine etkisini belirlemek için, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem uygulamalarından sonra deney örnekleri endüstriyel uygulamalara göre tek bileşenli ve çift bileşenli su bazlı vernikler ile verniklenmiştir. Daha sonra ise yüzey pürüzlülük, yüzey parlaklık, pandüllü yüzey sertlik ve vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci testleri yapılmıştır. Testler tüm kontrol gruplarında da yapılarak işlem grupları ile karşılaştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ağaç Malzemede Yoğunluk ve Yoğunluğu Etkileyen Faktörler

Ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin çoğu yoğunluğu ile ilişkilidir. [Blomberg ve Person, 2004; Kamke, 2006; Sandberk ve ark., 2013]. Odunun yoğunluğu, diğer özellikleri ve kullanım imkanları hakkında fikir veren önemli bir faktördür. Örneğin ağır odunun direnci, esnekliği ve sertliği hafif odundan daha fazladır. Aşındırıcı etkilere daha iyi karşı koyar. Bazı yerlerde odunun yumuşaklığı, kolay işlenmesi ve az çalışması istenir. Bu özellikler ise odunun hafif olması ile sağlanabilir [Örs ve Keskin, 2008].

Yoğunluk, kütle (m) / hacim (V) eşitliğinden belirlenir. Odunun kütlesi ve hacmi, içerisindeki su miktarına göre değişir. Bu nedenle odunun yoğunluk ya da öz kütlesinin hangi rutubet için verildiği belirlenmelidir. Buna göre tam kuru yoğunluk ($\delta_0 = m_0 / V_0$), hava kurusu yoğunluk ($\delta_{12} = m_{12} / V_{12}$) ifadelerinde olduğu gibi yoğunluk değerinin hangi rutubete ait olduğu belirtilir [Örs ve Keskin, 2008]. Odun yoğunluğunu etkileyen faktörler aşağıda verilmiştir.

2.1.1. Hava boşluğu oranı (porozite)

Odunların yoğunluğundaki farklılığın başlıca sebeplerinden biri birim hacimlerindeki hücre çeperi maddesi (ϕ) ve hava boşluğu (b) oranlarının farklı oluşudur. Hücre çeperi maddesi oranı tam kuru hacme oranla hücre çeperi maddesi hacmi kadardır ($\phi = V_\phi / V_0$), $V_\phi = m_\phi / \delta_\phi = m_0 / 1,5$, $V_0 = m_0 / \delta_0$ değerleri eşitlikte yerine yazılarak hücre çeper maddesi oranı için;

$$\phi = (V_\phi / V_0) = [(m_0 / \delta_\phi) / (m_0 / \delta_0)] = (\delta_0 / \delta_\phi) = (\delta_0 / 1,5) = 0,667 \cdot \delta_0 \quad (3.1)$$

eşitliği elde edilir. Tam kuru haldeki odun içerisinde yalnız hücre çeper maddesi ve hava boşluğu bulunur. Bu halde odun hacmi içerisindeki iştirak oranları toplamı; $\phi + b = 1$ olacağından boşluk oranı; $b = 1 - \phi = 1 - 0,667 \cdot \delta_0$ olur. Bu eşitlik tam kuru

yoğunluk değeri ile hava boşluğu arasında doğrusal ve azalan bir bağıntı olduğunu gösterir. Ancak eşitlik odunun tam kuru haldeki hava boşluğu oranını ifade etmekte olup, herhangi bir rutubetteki odun için hava boşluğu miktarı (b_r);

$$b_r = 1 - y (0,667 + r) \quad (3.2)$$

eşitliğinden hesaplanır. Yüksek basınç altında preslenen odunda hava boşluğu miktarı azaltılarak yoğunluğu arttırılabilir. Odunun yoğunluğu hücre çeperi maddesi yoğunluğu olan $1,5 \text{ g/cm}^3$ iken odunda hiç hava boşluğu bulunmaz [Örs ve Keskin, 2008].

2.1.2. Yıllık halka genişliği

İğne yapraklı ağaçlar ile yapraklı ağaçlardan kavak ve söğütte genellikle dar yıllık halkalarda ağır odun oluşmakta, yıllık halkalar genişledikçe odun hafifleşmektedir. Bunun nedeni bu ağaçlarda yıllık halka genişledikçe yaz odunu iştirak oranının azalmasıdır. Buna karşılık meşe, kestane, dişbudak gibi halkalı büyük traheeli yapraklı ağaçlarda ise yıllık halka genişledikçe yaz odunu iştirak oranı arttığından odun ağırlaşır. Kayın, huş, akçaağaç gibi dağınık traheeliler de ise yıllık halka genişliği ile yoğunluk arasında belirgin bir ilişki yoktur. Yıllık halka genişliğinin yoğunluğa etkisi genel olarak gövdenin alt kısımlarında en fazla olup, yukarı gidildikçe azalır [Örs ve Keskin, 2008].

2.1.3. Ağaçta bulunduğu yer

Dal odunu gövde odunundan yapraklı ağaçlarda %6, iğne yapraklı ağaçlarda %25 daha ağırdır. Kök odunu ise gövde odunundan yapraklı ağaçlarda %20, iğne yapraklı ağaçlarda ise fark daha küçük olmak üzere daha hafiftir. Buna göre en ağır odun dallarda en hafif odun ise köklerde oluşur. Özden çevreye doğru gidildikçe, yoğunluk iğne yapraklı ağaçlarda çoğunlukla artar, halkalı büyük traheeli yapraklı ağaçlarda azalır. Dağınık traheeliler de ise enine kesitte yoğunluk değişimleri belirgin değildir. Ağaç gövdesinde aşağıdan yukarıya doğru çıkıldıkça yoğunluk, iğne yapraklı

ağaçlarda azalır, yapraklı ağaçlarda ise belirgin olmamakla birlikte artar [Örs ve Keskin, 2008].

2.1.4. Reaksiyon odunu

Basınç odununun yoğunluğu normal odundan %15-40 daha fazladır. Normal odundakinin aksine olarak basınç odununda yıllık halka genişledikçe yoğunluk artar. Huş gibi bazı yapraklı ağaçlarda çekme odunu ile normal odun arasındaki yoğunluk farkı önemsiz iken bazılarında (karaağaç, ıhlamur) çekme odunu daha hafif, bazılarında (titrek kavak) ise daha ağırdır [Örs ve Keskin, 2008].

2.1.5. Su miktarı

Yoğunluk, kütle / hacim eşitliğinden belirlendiğinden, lif doygunluğu noktası (LDN) üstündeki rutubetlerde su miktarı arttıkça kütle artıp, hacim sabit kalacağından yoğunluk artar. LDN altındaki rutubetlerde ise yoğunluğu $1,1 \text{ g/cm}^3$ den az olan odunlarda lif doygunluk noktasına kadar su miktarı arttıkça kütledeki artış hacim artışından fazla olduğundan yoğunluk artar. Buna karşılık yoğunluğu $1,1 \text{ g/cm}^3$ den yüksek olanlarda ise LDN'ye kadar su miktarı arttıkça hacim artışı kütle artışından fazla olduğundan yoğunluk azalır. LDN den sonra tekrar artış gösterir [Örs ve Keskin, 2008].

2.2. Ağaç Malzemenin Yoğunlaştırılması

Yoğunluğu yüksek ağaç malzeme, taşıyıcı uygulamalar ve aşınma direncinin önemli olduğu yerler için gereklidir. Düşük yoğunluklu ve ticari olarak ilgi çekici olmayan ağaç türleri yoğunlaştırma işlemleri ile modifiye edilerek, yüksek performanslı ve değerli ürünler haline getirilebilir. Yoğunluğu yüksek denebilecek ağaçların bile yoğunlaştırma işlemleri uygulanarak sertlik ve direnç özellikleri daha da iyileştirilebilir [Blomberg ve Person, 2004; Blomberg ve ark., 2005; Kutnar ve Sernek, 2007].

Boşluklu ağaç malzemenin basınç altında sıkıştırılması veya bazı kimyasal materyallerle impregnasyonu ile yoğunluğu arttırılabilir. Ancak, normal atmosferik koşullar (20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem) altında sıkıştırılmış ağaç malzemenin hücre çeperinde kopmalar-çatlamalar meydana gelebilmektedir [Rautkari ve ark., 2010].

Kimyasal maddelerle yoğunlaştırmada, sıvı haldeki doğal ve yapay reçinelerin, ağaç malzemenin boşluklarına emdirildikten sonra kimyasal reaksiyon veya soğutma sonucu bulundukları yerde katılaştırılarak yoğunluğu artırılmış ağaç malzeme elde edilmektedir [Kamke, 2006].

2.2.1. Yoğunlaştırmada kullanılan tarihsel yöntemler

Basınç kuvveti ve ısı ile ağaç malzemenin kalıplanması fikri çok uzun zamandan beri bilinmektedir. Ayrıca ağaç malzemenin radyal yönde sıkıştırılarak yoğunlaştırılması işlemi 1886 yılından beri bilinen bir uygulamadır. 20. yüzyılın başlarında, ağaç malzemenin plastikleştirilmesi-yumuşatılması ile ilgili olarak ısı ve suyun etkisi formüle edilmiştir [Kollmann ve ark., 1968; Heger ve ark., 2004].

Sıkıştırılmış masif ahşap ilk kez, 1930’lu yılların başlarında ticari ismi “Lignoston” olarak Almanya’da piyasaya sunulmuştur [Kollmann, 1936; Morsing, 2000]. Ayrıca ahşap kaplamaların sıkıştırılması ile elde edilen ve ticari ismi “Lignofol” olan ürün üretilmiştir. Aynı yıllarda İngiltere’de Jicwood ve Jablo tarafından benzer ürünler (plywood) üretilmiştir [Rowell ve Konkol, 1987; Kultikova, 1999]. Ağaç malzemenin yoğunlaştırması ile ilgili diğer önemli iki yöntem ise, ABD’de Orman Ürünleri Laboratuvarında geliştirilen “Compreg” ve “Staypak” ticari isimlerindeki ürünlerdir [Stamm ve Seborg, 1941; Seborg ve ark., 1956]. Ağaç malzemenin yoğunlaştırılmasında kullanılan bazı tarihsel yöntemler Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Ağaç malzemenin yoğunlaştırılmasında kullanılan tarihsel yöntemler

Ürün Adı	Ülke	Rutubet Miktarı (%)	Basınç (MPa)	Sıcaklık (°C)
Lignostone	Almanya	10		Yükseltilebilir
Staypak	ABD	6-12	13,8	150-180
Compreg	ABD	8	8,5	140-150
Lignofol	Almanya	3-8	34	Yükseltilebilir
Kunsthartzschichtholz	Almanya	12	60	Yükseltilebilir
İmpreg	ABD	Sıkıştırılmadan sadece reçine ile işlem görmüş malz.		

Yoğunlaştırmada kullanılan tarihsel yöntemlere ait bazı özellikler Çizelge 2.2.'de verilmiştir [Blomberg, 2006].

Çizelge 2.2. Ağaç malzemenin yoğunlaştırılmasında kullanılan tarihsel yöntemlerin bazı özellikleri

Ürün Adı	Yoğunluk (gr/cm ³)	Çekme Direnci II (MPa)	Eğilme Direnci // (MPa)	Basınç Direnci // (MPa)	Elastikiyet Modülü (MPa)
Lignostone	1,45	245	245	137	27450
Staypak	1,37	-	295	157	32700
Compreg	1,32	293	299	161	30300
Lignofol	1,37	186	280	-	26700
Kunsthartzschichtholz	1,35	-	212	348	30500

Ağaç malzemenin sıkıştırılması ile elde edilen yoğunluk ve direnç artışı, ağaç türünün özelliklerine ve büyük ölçüde kullanılan yoğunlaştırma yöntemi ile yoğunlaştırmanın derecesine bağlıdır [Rautkari, 2012].

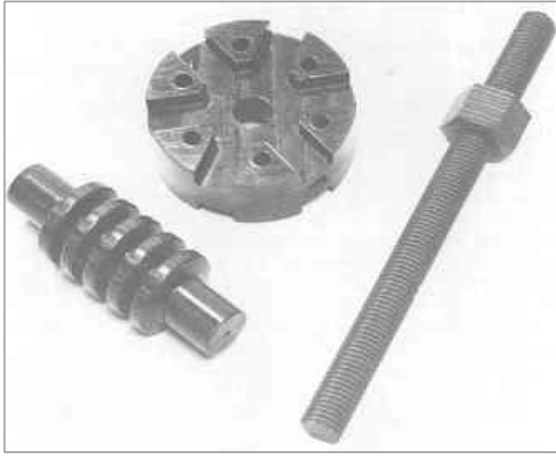
Compreg

Compreg, reçine ile işlem görmüş ahşabın sıkıştırılmasıdır. Masif ahşap veya kaplamalar fenol formaldehit reçinesi ile işlem görür ve sıkıştırılır. Böylece istenilen yoğunluk ve kalınlıkta bir ürün elde edilir. Öncelikle kullanılacak ahşap düşük bir

sıcaklıkta yeterince kurutulur (%4 veya daha az rutubette) ve reçine işlemi uygulanır. Daha sonra reçine emdirilmiş kaplamalar reçineye uygun sıcaklıklarda sıkıştırılır. Maksimum boyutsal stabiliteyi elde etmek için, yaklaşık %30 reçine içeriği ve yoğunluğun 1,3 - 1,4 g/cm³ arasında olması arzu edilir. Ayrıca compreg, daha düşük yoğunluk ve reçine içeriğinde de elde edilebilir. Compreg ürününü üretmek için gerekli olan basınç, reçine ve reçinenin uçucu bileşiğine, ön işlem derecesine, ahşap yapısındaki dağılımına ve kullanılan ağaç türüne bağlıdır. Reçinenin uçucu içeriği %2 - 4 arasında olduğu zaman, 150 °C sıcaklık ve 10 - 12 kg/cm² basınç uygulanarak çoğu türün kaplamalarından compreg yapılabilir. Panellerin sıkıştırılmasında yoğunluğun 1,4 g/cm³ ü geçmesi tavsiye edilmez. Compreg'de, şok direnci hariç diğer tüm direnç özelliklerindeki artış yoğunluk artışı ile doğru orantılıdır. Compreg ölçüsel olarak, reçine emdirilmeden sıkıştırılmış ahşaptan (staypak) çok daha stabildir. Reçine ile işlem görerek sıkıştırılmış benzer bir ürün Kunstharzschichtholz (KHS) ismi ile Almanya'da da yapılmıştır [Seborg ve ark., 1962; Kollmann ve ark., 1975; Kultikova, 1999].

Strüktürel yapısı nedeni ile masif ahşabın compreg yapımında kullanılması zordur. Bunun nedeni, masif ahşabın içerisine reçinenin tamamen emdirilmesindeki güçlükler ve tam yoğunlaştırma gerçekleşmeden önce pres tablalarındaki yüksek sıcaklıktan dolayı termoset yapıdaki reçinenin hızlı bir şekilde sertleşmesidir. Bu nedenlerle compreg yapımında masif ahşap yerine kaplama levhalarının kullanımı daha uygundur [Adlam, 2005].

Compreg ürününün maliyetinin yüksek ve uygulandığı malzemede renk değişikliği oluşturmaları önemli dezavantajları olmakla birlikte bu durum ticari kullanımını sınırlamaktadır. II. Dünya Savaşı sırasında askeri amaçlar için kullanılmıştır ve bilinen kullanımı İngiliz bombardıman uçakları pervanelerinin orta kısımları ve anten direkleridir [Morsing, 2000]. Diğer kullanım alanları uçak parçaları, dişliler, kasnaklar, mekik, bobin, tezgah parçaları, elektrik izolatörleri ve müzik aletleridir [Kultikova, 1999]. Compreg'den yapılmış bazı dişli örnekleri Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Compreg'den yapılmış dişli örnekleri [Rowell ve Konkol, 1987].

Staypak

Staypak, compreg yapımının aksine, reçine emprenyesi yapılmadan ahşabın sıkıştırılmasıdır. Reçine uygulamasında, ahşabın hücre çeperi içerisine giren reçine burada sertleşir ve ağaç malzemeyi daha kırılğan bir hale getirir. Bu yüzden sıkıştırılmış-yoğunlaştırılmış ahşabın daha az kırılğan olması istenirse reçine emprenyesi yapılmayabilir. Fakat reçine işlemi uygulanmadan sıkıştırılmış masif ahşap veya kaplamalar neme maruz kaldığı zaman, sıkıştırılmadan önceki başlangıç ölçülerine geri dönme (geri esneme-springback) eğilimi gösterirler. Buradaki geri esnemenin, gerçek şişmenin aksine geri dönüşümü yoktur. Bu durum, sıcaklığın etkisi ile ahşabın yumuşamasından sonra sıkıştırma nedeni ile oluşan iç hapsedilmiş gerilmelerin serbest kalmasından kaynaklanır [Seborg ve ark., 1956].

Sıkıştırılmış ahşabın geri esnemesini önlemek için, lifler arasındaki ligninin belirli sıcaklıklarda yeterince akıcı hale getirilerek basınç uygulanması gerekir. Sıkıştırılmış ahşabın bu şekilde sabitlenmiş formuna “staypak” adı verilmiştir. Staypak yapımında son yoğunluğu 1,3 - 1,4 g/cm³ arasında olması istenen yaklaşık %12 rutubet miktarındaki ağaç malzemeler, 150 °C - 180 °C arasındaki sıcaklıklarda ve 14 - 25 kg/cm² basınç miktarında sıkıştırılır [Seborg ve ark., 1956; Rowell ve Konkol, 1987; Kultikova, 1999].

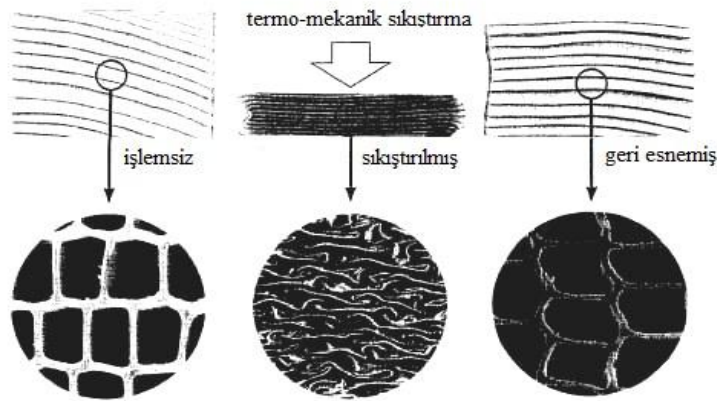
Bu işlemler açık bir sistemde yapıldığından yoğunlaştırma süreci boyunca ağaç malzemenin rutubet miktarı kontrol edilemez. Elde edilen ürün termo-mekanik (TM) yoğunlaştırılmış ahşap olarak isimlendirilir [Heger ve ark., 2004].

Staypak yapımı ile ilgili problemlerden biride, panellerin tam basınç altında iken 100 °C veya daha az bir sıcaklıkta soğutulması gerekliliğidir. Ahşap paneller sıcakken presten çıkarılır ise önemli derecede bir geri esneme meydana gelir. Bu durum ligninin doğal termoplastik yapısından ve ahşap panellerin rutubet miktarının sıkıştırma sürecinde sıcaklığın etkisi ile azalmasından kaynaklanır [Kollmann ve ark., 1975].

Staypak'ın direnç özellikleri normal ahşaptan önemli derecede daha yüksektir ve direnç özelliklerindeki artış genellikle yoğunluğu ile orantılıdır [Morsing, 2000]. Staypak için uygun kullanım alanlarından bazıları; alet sapları, tokmak kafaları ve çeşitli kalıp parçalarıdır [Rowell ve Konkol, 1987].

2.2.2. Yoğunlaştırmada kullanılan yeni veya değişik yöntemler

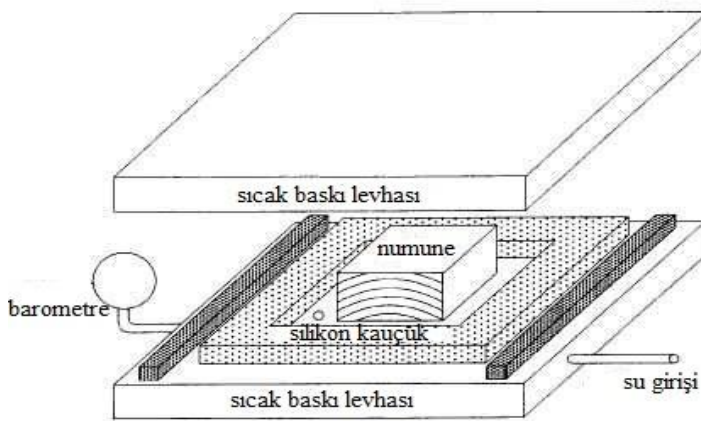
Reçine emdirilmeden (işlemsiz) yoğunlaştırılmış (Termo-Mekanik) ağaç malzemeler neme maruz kalacağı veya su ile teması olabileceği yerlerde spring-back (Şekil 2.2) özelliğinden dolayı ciddi problemler oluşturabilmektedir. İşlemsiz yoğunlaştırmada ölçüsel stabiliteyi sağlamak için çeşitli çalışmalar denenmiş ve bazıları oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Bu çalışmalar; Termo-Higro-Mekanik (THM) yoğunlaştırma [Navi ve Girardet, 2000] ve Viscoelastik-Termal-Sıkıştırma (VTC) ile yoğunlaştırmadır [Kamke ve Sizemore, 2005]. İşlemsiz yoğunlaştırmada bazı değişik yöntemlerde günümüzde uygulanmaktadır, bunlar ise; Quintus preste yarı-izostatik (CaLignum) yoğunlaştırma [Blomberg ve Person, 2004] ve çeşitli yöntemlerle ağaç malzemenin yalnızca yüzeyinin yoğunlaştırıldığı yöntemlerdir.



Şekil 2.2. Termo-mekanik (TM) yöntemle sıkıştırılmış ağaç malzemenin nem veya suya maruz kalması sonucu meydana gelen geri esneme [Gong ve Lamason, 2007].

Termo-Higro-Mekanik (THM) yoğunlaştırma

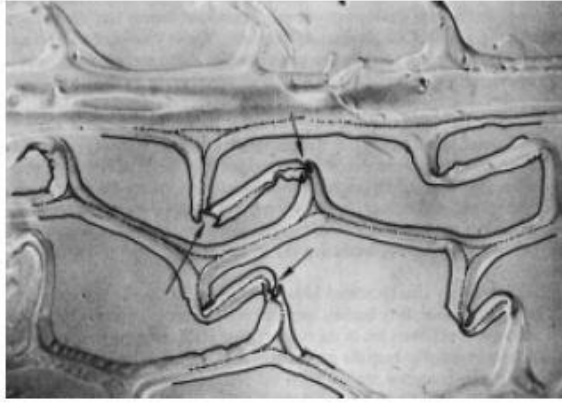
THM yoğunlaştırma, 1997'den beri bilinen bir yöntem olup, kapalı bir sistemde sıcaklık, buhar ve basıncın etkisi altındaki ahşabın yoğunlaştırılmasıdır [Navi ve ark., 1997]. Bu yoğunlaştırma yönteminde kullanılan kapalı sistem bir presin şematik görünümü Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. THM yoğunlaştırma sürecinde kullanılan kapalı sistem presin şematik görünümü [Gong ve Lamason, 2007]

Yoğunlaştırma kapalı bir sistemde yapıldığı için sıkıştırma işlemi boyunca doymuş buhar kullanımı kontrol edilebilir. THM sürecinde ağaç malzemeler, 150 °C

sıcaklıkta doymuş buhar altında yoğunlaştırılır. Ağaç malzemeler süreç boyunca bu koşullarda işlem görür. Bu işlem sırasında uygulanan maksimum basınç kuvveti yaklaşık 130 kg/cm^2 dir. Kullanılan higro-termal haznesinin özelliklerinden dolayı, ağaç malzemenin ısıtılması doğrudan basınçlı buhar ile yapılır. Bu yöntem ile yoğunlaştırılmış ağaç malzemeler daha stabil ve daha az higroskopiktir. Mikroskopik gözlemlerde TM yöntemle yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerde hücre çökmelerinin olduğu (Şekil 2.4) ancak hücrelerin tamamen deforme olmadığı ve lümenlerin açık kaldığı görülmüştür. THM yoğunlaştırmada ise hücre çökmeleri yaşanmamıştır [Navi ve Girardet, 2000; Kutnar ve Sernek, 2007].



Şekil 2.4. Termo-mekanik (TM) yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin hücre yapısında meydana gelen deformasyon (kırılma, çatlama v.b.) [Kultikova, 1999].

THM yoğunlaştırma prosesinin uygulanması Şekil 2.5’de şematik olarak gösterilmiştir.



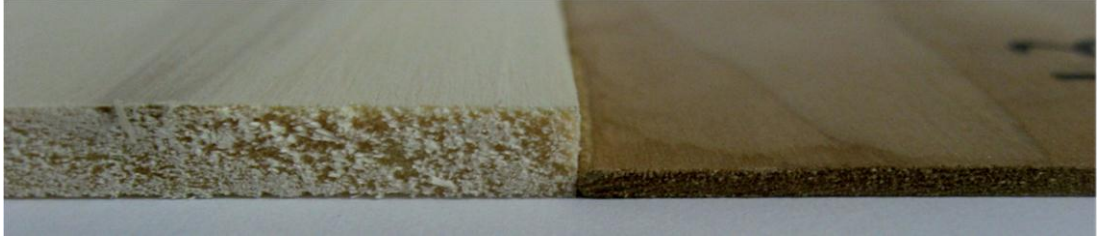
Şekil 2.5. THM yoğunlaştırma işlemi [Ahmed ve ark., 2013].

Viskoelastik-Termal-Sıkıştırma (VTC) ile yoğunlaştırma

VTC yoğunlaştırma, mekaniksel olarak sıkıştırılmış ahşabın yoğunluğunu %100 - %300 arasında arttırmak için yapılan çalışmalardır. VTC yoğunlaştırma süreci ahşap yumuşatma, sıkıştırma ve son olarak ısıtma-kondüsyonlama aşamalarından oluşur.

VTC işleminde önemli olan nokta, yüksek basınçlı bir buhar ortamında ahşabın yumuşatılmasıdır. Ön yumuşatma işlemiyle, aşırı yük altındaki ahşabın hücre kırılmaları-çökmeleri önlenmektedir. Sıkıştırmadan sonra ısıtma işlemi (ısıtma ve kondüsyonlama) uygulaması ile ölçüsel olarak kalıcı sabitleme sağlanmaktadır. Yoğunlaştırması yapılan bu ürün viskoelastik termal sıkıştırılmış ahşap (VTC ahşap) olarak adlandırılmaktadır. VTC yapılacak ahşabın rutubeti lif doygunluğu noktasından daha yüksek olabilir ancak %15 - %30 arasında bir rutubette olması tercih edilir. Yoğunlaştırmada kullanılacak ağaç malzeme kalınlıklarının 3 mm - 12 mm arasında olması bu yöntem için en uygun ölçülerdir çünkü ince malzemelerin kurumması (desorpsiyon) daha hızlı ve daha yeknesak bir şekilde gerçekleşir. Isıtma ve kondüsyonlama aşamasında sıcaklığın 160 °C - 175 °C arasında ve ağaç malzemenin merkezi bir kısmındaki basıncın 650 kPa - 2000 kPa aralığında olması arzu edilir. Ancak daha yüksek yoğunluklu ağaç malzeme üretimi için, 175 °C - 225 °C arasında bir sıcaklık ve 2000 kPa - 4000 kPa arasında mekaniksel bir basınç uygulanır. Bu aşamada uygulanan sıcaklık ve basıncın seviyesi, bir önceki aşamada gerçekleştirilen sıkıştırmanın derecesine bağlıdır. Süreç sonunda istenen yoğunluğa ulaşan ağaç malzemenin rutubeti yaklaşık %2 civarındadır ve çok daha az higroskopiktir. Dış ortam ile denge rutubetini sağlaması için malzeme yüzeyine son olarak su püskürtme işlemi uygulanır. VTC yoğunlaştırma yönteminde, ahşabın mekanik direnç özellikleri artarken özellikle ölçüsel stabilizasyonu yüksek derecede sağlanmaktadır [Kamke ve Sizemore, 2005; Kutnar ve Sernek, 2007].

Melez kavak türünün doğal haldeki görünüşü ve VTC yöntemi ile yoğunlaştırılmış haldeki görünüşü Resim 2.1’de verilmiştir.

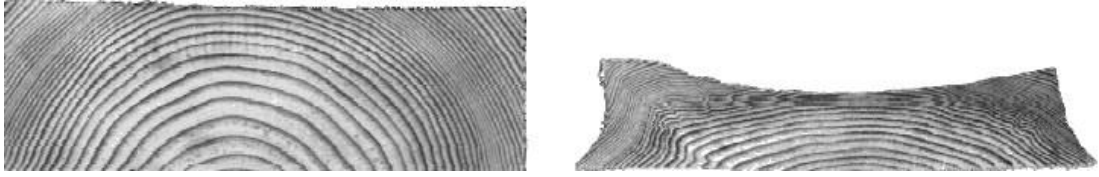


Resim 2.1. Melez kavak türünün doğal haldeki görünüşü (sol) ve VTC ile yoğunlaştırılmış haldeki görünüşü (sağ) [Rautkari, 2012].

Quintus preste yarı-izostatik (semi-isostatic) yoğunlaştırma

Quintus preste yoğunlaştırma, yarı-izostatik sıkıştırma ile ahşabın yoğunlaştırılması esasına dayanır. Bu yöntemle yoğunlaştırılan ürünün ismi ise “CaLignum” dur. Quintus pres (akıcı sıvı ile basınç uygulama sistemi) yönteminde, esnek yağ dolu kauçuk bir diyaframla rijit-sabit bir pres tablası arasında kalan ağaç malzemelere 140 MPa’ ya kadar basınç uygulanabilmektedir. Esasında bu pres metal levhaların eğmeçli şekillendirilebilmesi için geliştirilmiştir. Ahşap yoğunlaştırma işleminde basınç arttıkça ağaç malzemenin yapısal olarak zayıf bölgelerinde (ilkbahar odunu) daha fazla çökmeler meydana gelir. Bu durum yüzeyde girinti ve çıkıntılara neden olur ve sonuçta pürüzlü-düzensiz bir yüzey oluşur [Blomberg ve Person, 2004].

Quintus preste ahşabın sıkıştırılması ile yoğunluğu arttırılabilir ve önemli bir denetim gerektirmeksizin mukavemet özellikleri iyileştirilebilir. Sıkıştırma işlemi yapılan ağaç malzemeler düzensiz bir şekil almasına rağmen homojen yoğunluk verirler. Sıkıştırma basıncı 140 MPa’ya kadar yükseltilebilir ve hemen ardından atmosferik basınca indirilir. Bu işlem yaklaşık 3 dakika sürer ve ısıya ihtiyaç duyulmaz. Ağaç malzemenin rutubet miktarı önemlidir ve %4 - %18 arasında olmalıdır. Sıkıştırma işleminde basınç, tek yönlü ve pres tablasına dik olarak uygulanır. Kauçuk diyaframın yağ ile dolmasından dolayı uyguladığı basınç arttıkça, kauçuk diyafram ağaç malzemenin pres tablası üzerine yerleştirilen yüzü hariç tüm yüzeylerini kaplar ve izostatik presleme gerçekleşir [Kutnar ve Sernek, 2007]. Quintus preste yarı-izostatik sıkıştırılmış sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)’ın yoğunlaştırma öncesi ve sonrası görünümü Şekil 2.6’da verilmiştir.



Şekil 2.6. Quintus preste yarı-izostatik sıkıştırılmış Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'in yoğunlaştırma öncesi ve sonrası görünümü [Blomberg, 2006].

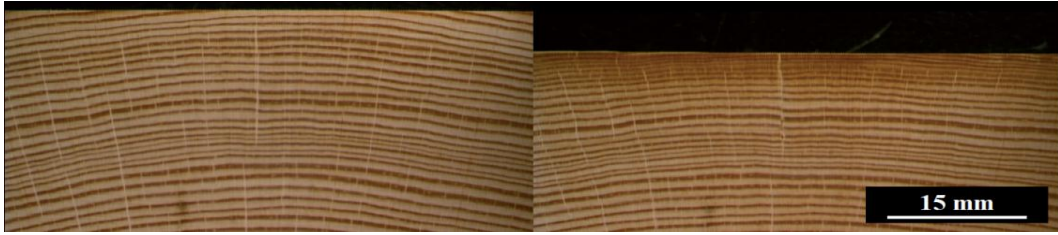
Yüzey yoğunlaştırma

Yüzey yoğunlaştırması, yüksek yoğunluktaki ağaç malzemelerin tutkal kullanarak düşük yoğunluklu malzemenin yüzeyine yapıştırılması ile sağlanabileceği gibi çeşitli yöntemlerle (ısıtma, sıkıştırma, sürtünme vb.) ağaç malzeme yüzeyinin sadece birkaç mm derinliğindeki kısmının yoğunlaştırılması ile de sağlanabilmektedir. Bu şekilde hacim kaybı minimize edilerek yüzey özellikleri geliştirilir. Yüzey yoğunlaştırmasının, nispeten düşük yoğunluğa sahip ağaç türlerinde yapılması gerekir. Yüzey yoğunlaştırma süreçleri ile bazı tam yoğunlaştırma süreçleri benzer aşamalara sahiptir. Ahşabın yüzeyi ilk olarak yumuşatılmalı ve daha sonra sıkıştırılmalıdır. Ancak genellikle bir soğutma aşaması vardır. Yüzey yoğunlaştırmada, ağaç malzemenin tamamen ısıtılması gerekmediğinden ve sadece yüzeyi yumuşatıldığı için yoğunlaştırma süreci oldukça kısadır. Bu süreç ağaç malzemenin başlangıç rutubetine de bağlıdır. Malzemenin rutubeti yaklaşık %12 civarında olmalıdır [Rautkari, 2012].

Masif ahşabın sadece yüzeyinin yoğunlaştırılması için kullanılan değişik birkaç yöntem vardır. Bunlar; yalnız bir tablası ısıtılmış pres ile ağaç malzemenin bir yüzünün (tek yönlü) yoğunlaştırılması, sürekli (continuous) bir pres sisteminde hareketin yardımı ile gerçekleştirilen yoğunlaştırma, ısıtılmış bir silindir ve sürtünme kullanarak yapılan yoğunlaştırma, ahşaba karşı ahşap ile veya ısıtılmış bir çelik levha ile doğrusal bir sürtünme tekniği kullanarak yapılan yoğunlaştırmadır [Rautkari, 2012].

Yüzey yoğunlaştırması ile ilgili yapılmış çalışmalar, ağaç malzemenin bazı özelliklerinin örneğin sertlik değerinin, sıkıştırmanın derecesi ile ilgi olduğunu ancak

eğilme ve diğer direnç özelliklerinde önemli bir artışın olmadığını ayrıca yüzey yoğunlaştırma işleminin ağaç malzemedeki su ile ıslanabilirlik özelliğini azalttığını göstermiştir [Rautkari, 2012].



Resim 2.2. Sarıçamın doğal haldeki görünüşü (sol) ve yalnız bir tablası ısıtılmış pres kullanılarak yüzeyi yoğunlaştırılmış görünüşü (sağ) [Rautkari, 2012].

2.3. Isıl İşlem

Isıl işlem, ağacın kimyasal bileşenlerinin moleküler yapısında kalıcı değişiklikler meydana getiren bir uygulamadır. Bu uygulamanın temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir [Cooper ve Wang, 2005; Boonstra, 2008].

Isıl işlemde sıcaklık en önemli etkidir. Ancak ağaç türü, ısıtılma süresi, işlem atmosferi, basınç, rutubet miktarı ve ısıtılma eşit dağılımı gibi faktörlerinde elde edilen sonuca doğrudan etkisi bulunmaktadır. Isıl işlemin alt sıcaklık sınırı 100 °C olarak kabul edilmektedir. Odunun termal bozunması bu sınırdan itibaren başlamaktadır. 200 °C'nin üzerinde yapısal hasar, odun bileşenlerinin tamamen dönüşmesi ve gaz fazındaki bozunma ürünlerinin açığa çıkması gibi oluşumlar söz konusu olmaktadır. 270 °C'nin üzerinde odunun pirolizi ve yanma olayı başlamaktadır. Odunu gaz haline getirmek için 500 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar uygulanmaktadır [Yıldız, 2002].

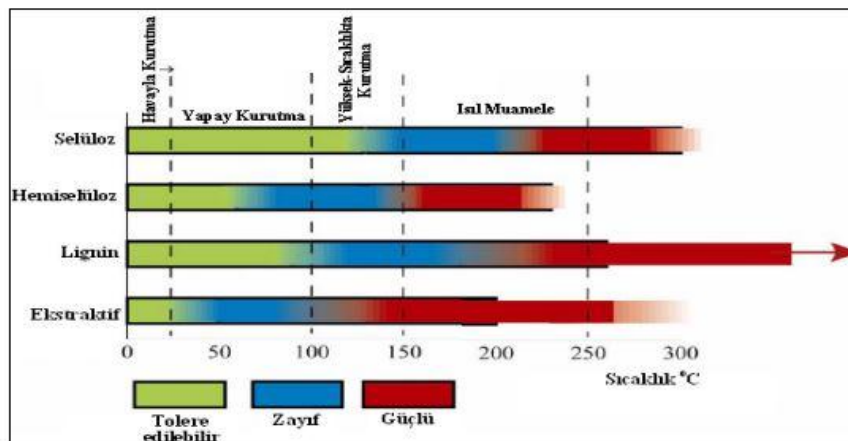
2.3.1. Isıl işlemin ağaç malzemedeki bazı özellikler üzerine etkisi

Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını arttırmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklerle karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet

içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izolasyon kabiliyeti, boya adezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresinde uzamadır. Buna ilaveten daha düşük kaliteli ağaç türlerine yeni pazar imkanı sunarak bunların daha kaliteli türlere karşı rekabet gücünü arttırmakta ve sürdürülebilir orman kaynaklarını desteklemektedir. Yapısal değişimler insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasallar ilave edilmeksizin elde edildiğinden ısı işlem uygulaması emprenyeye ekolojik bir alternatif olarak düşünülmektedir [Wikberg, 2004; Enjily ve Jones, 2006; Korkut ve Kocaefe 2009].

Kimyasal özellikler üzerine etkisi

Ahşap materyalin ısıyla muamelesi süresince odun polimerleri (selüloz, hemiselüloz, lignin) ve ekstraktif maddeler farklı sıcaklıklarda farklı maddelere dönüşerek parçalanmaktadırlar [Aydemir ve Gündüz, 2009]. Yüksek sıcaklıklarda muamele sürecinde hemiselülozların, diğer makro moleküler bileşenlerden daha fazla bozunduğu kabul edilir. Fakat selüloz ve lignin direncini belirlemek zordur. Genellikle, polisakkaritlerin kaybı özellikle 180 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda başlamaktadır. Fakat bu durum muamele şartlarına bağlı olarak değişebilir [Poncsak ve ark., 2006]. Ağaç malzemedeki hücre çeperi ana bileşenleri ile ekstraktif maddelerinde ısı etkisi ile meydana gelen değişimler Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Ağaç malzeme bileşiklerinde ısı işlem muamelesi ve kurutmadan dolayı meydana gelen değişimler [Johansson, 2005]

Hemiselülozlar ısıtma işlemi süresince hidroliz reaksiyonları tarafından oligomer ve monomerlere depolimerize olur. Isıtma işlemi 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. Pentoz ve heksozlar sırasıyla furfural ($C_5H_4O_2$) ve hidroksimetilfurfural ($C_6H_6O_3$)'a dehidrate olur. Hemiselülozun daha az higroskopik olan furfural polimerlerine hidrolize olması boyutsal stabiliteyi arttırmakta ve denge rutubet miktarını azaltmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklıkta rutubet içeriği odun bileşenlerinin depolimerizasyon işlemini kuvvetlice katalize eder [Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009].

165-185 °C gibi düşük sıcaklıklarda selülozun bozunması sınırlıdır. Selüloz yüksek derecede (%60) düzenli kristalimsi yapıya sahiptir ve bu da selüloz zincirlerine yüksek bir stabilite katmakta ve onları hidroliz (molekülün bir su molekülü ilavesiyle iki parçaya ayrılması) süresince asit saldırısına karşı korumaktadır. Kristalimsi selülozun hidroksil gruplarının fiziksel olarak bloke edilmiş olması reagent uygulamasına tepki vermesini engeller. Diğer taraftan amorf selülozun hidroksil grupları reaksiyon mekanizmasına dahil olabilir [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Lignin, odun bileşenleri içerisinde ısıya karşı kendini en iyi koruyabilendir. Sıcaklık ancak 200 °C'yi aştığı zaman lignin kütlelerinde azalma olur ve β -aril-eter bağları kırılmaya başlar. Yüksek sıcaklıklarda ligninin metoksi içeriği azalır ve yoğunlaşmamış ünitelerinden bazıları difenilmetan tipi ünitelere dönüşür. Defenilmetan tipi yoğunlaşma 120 °C - 220 °C aralığında tipik bir reaksiyon olup renk, reaktivite ve çözünme gibi lignin özellikleri üzerine önemli bir etkiye sahiptir. Isıtma işlemi süresince lignin bozunmaya aynı zamanda kondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına uğramaktadır. Lignin ve hemiselüloz arasındaki kovalent bağlar kırılır ve yüksek reaktiviteyle düşük molekül ağırlığında lignin parçaları üretilir [Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009].

Isıtma işlemi uygulaması süresince odunun karbon ve lignin içeriği özellikle daha yüksek hemiselüloz içermesi nedeniyle geniş yapraklı ağaçlarda artmaktadır.

Ligninin eter zinciri piroliz süresince daha kolay kopar. 200 °C'den 250 °C'ye kadar CO₂ ve diğer bileşikler ligninden ayrılır, 250 °C'den 400 °C'ye kadar polimerleşme eğilimli fenolik ve nötral yağlar üretilir ve ligninin ısı bozunması yaklaşık 270 °C'de ekzotermik (ısıveren) olur. Lignin fraksiyonundaki değişmeler metoksil içeriğindeki azalmalar olarak saptanmıştır [Kocaefe ve ark., 2008].

Odun yapısının içerisinde %5'ten daha az miktarda olmak üzere ekstraktif maddeler bulunmaktadır. Çeşitli odun türlerinde farklılıklar gösteren odun ekstraktifleri terpenler, yağlar, vakslar ve fenol gibi bileşiklerdir. Odunun ana bileşenleri arasında kabul edilmezler. Isıl işlem uygulaması sırasında kolaylıkla uçucu özellik kazanıp ağaç malzemeden ayrılarak havaya karışırlar [Karakaş, 2008; Aytin, 2013].

Fiziksel özellikler üzerine etkisi

Isıl işlem uygulanmış ağacın higroskopiklik özelliği düşer ve bu düşüş malzemenin boyutsal kararlılığını artırır. Uygulamanın etkisi işlem zamanına ve işlem koşullarına (sıcaklık, rutubetin miktarı ve dağılımı, oksijenin varlığı, malzeme boyutları vb.) bağlı olarak değişmektedir [Hillis, 1984; Hsu ve ark., 1988; Morsing, 2000].

Odun karbonhidratlarında serbest hidroksil gruplarının mevcudiyeti ve/veya erişilebilirliği su adsorpsiyon ve desorpsiyonunda önemli rol oynamaktadır. Isıl işlem sonucu serbest hidroksil gruplarına erişilirlikte azalma olması şüphe götürmeyecek kadar aşıkardır. Bunun sebepleri ise; serbest hidroksil gruplarının toplam miktarında azalmaya neden olan karbonhidratların özellikle hemiselülozun depolimerizasyonu, hidroksil gruplarının su moleküllerine kolay erişemediği kristalimsi selülozun nispi oranındaki artma ve serbest hidroksil gruplarının suya erişebilirliğini engelleyen lignin ağının çapraz bağlanmasıdır [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Isıl işlem uygulaması boyunca odunda kütle ve buna bağlı olarak yoğunluk açık bir biçimde değişmeye uğramaktadır. Isıl işlem uygulamasından sonra odun yoğunluğundaki azalmaların ana sebepleri; ısıl işlem süresince başta hemiselüloz

olmak üzere odun bileşenlerinin buharlaşan uçucu ürünlere dönüşmesi, ekstraktif maddelerin buharlaşması ve ısıtılma işlem uygulaması ile odunun daha az higroskopik olması sonucu daha düşük denge rutubet miktarıdır. Isıtılma işlem uygulamasından sonra daha düşük bir yoğunluk direnç özelliklerinde bir azalmayı gerektirirse de bu yargı prematüredir. Odunsu materyal ve kütle kayıpları ile ilgili olarak odun ana bileşenlerinin bozunması iç gerilmelerin daha az moleküler materyal üzerine dağıtılmasına neden olduğu için direnç özelliklerini azaltır. Diğer taraftan daha düşük rutubet içeriği, dirençte pozitif etkiye sahiptir ve kütle kayıplarının etkisini azaltır [Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009].

Mekanik özellikler üzerine etkisi

Isıtılma 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 [Aydemir ve Gündüz, 2009].

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. Isıtılma işlem süresinin ve sıcaklığının artmasına bağlı olarak odundaki kütle kayıplarında 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 [Yıldız, 2002; Can, 2011].

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 değerlerini; 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 [Aydemir ve Gündüz, 2009].

[Winandy ve Rowell, 1984]'in hipotetik modeline göre; 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 [Korkut ve Kocaefe, 2009].

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 buda hücre çeperinin direnç özellikleri üzerine etki etmektedir. Buradan lignin polimer ağının odunun direnç özellikleri üzerine direkt olarak etki ettiği sonucuna varılabilir [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Üstyüzey işlemleri üzerine etkisi

Isıl işlem uygulaması ile reçine ağaç malzemeden uzaklaştığı için budaktan boya yüzeylerine reçine sızma riski azalmaktadır ve bu sebeple yüzey işlemlerinden önce budakların verniklenmesi gerekli değildir. Yağ bazlı maddeler ile ısıtıl işlem uygulanmamış malzemelerde olduğu gibi çalışılabilir. Su bazlı maddeler ile çalışılacağı zaman ısıtıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin ısıtıl işlem uygulanmamış ağaç malzemeye nazaran daha düşük su absorpsiyonuna sahip olduğu unutulmamalıdır. Su bazlı sistemler ile çalışma yavaş kurumalarından dolayı oduna nüfuz etmeleri için yeterli zaman olması durumunda uygun olmaktadır. UV kurumalı renklendiriciler ve lakeler, yağlar ve balmumu kadar iyi sonuçlar vermektedir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerde yüzey işlem uygulamalarında ağaç malzeme sıcaklığı, rutubet içeriği ve yüzey temizliği gibi doğru çalışma şartlarına daima dikkat edilmelidir [Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009].

Isıl işlem uygulanmış kerestenin yüzeyleri estetik amaçlar veya yaşlandırma için boyanabilir. Boyama sistemlerinin penetrasyon ve adezyonu ısıtıl işlem tarafından etkilenir. Isıl işlem uygulanmış odun ısıtıl işlem uygulanmamış oduna nazaran daha hidrofobik olduğundan su bazlı boya sistemlerinin film tabakalarını kurutmak için daha uzun bir süreye gereksinim duyarlar. Bundan dolayı kalın bir film tabakası yerine iki tane ince film tabakası (örneğin 80 µm'lık bir kuru film tabakası yerine 40 µm'lık iki kuru film tabakası) kullanılması tavsiye edilmektedir. Gerekli yüzey gerilimi boyama sistemlerine katkı maddelerinin ilavesi ile ayarlanabilir. Isıl işlem uygulaması süresince reçine sızması reçinelili ağaç türleri boyanacağı zaman bir problem olabilir. Isıl işlem uygulanmış kereste organik çözücülü boyama sistemleri (örneğin alkid sistemler) ve genel amaçlı renklendirici ve yağlı boyalar ile boyanabilir. Saydam film kaplama sistemlerinin kullanılması, film tabakası altında adezyonu etkileyen yaşlanma riski olduğu için önerilmemektedir. Şayet ısıtıl işlem uygulanmış kerestenin kaplanmasında saydam film kaplama sistemi kullanılırsa UV-emici (pigmentli) ve mavi renklenmeyi önleyici kimyasal madde (biyosit) içermelidir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin en iyi kaplama malzemesi, yağlı astar boya ve solvent bazlı alkid veya su bazlı akrilik son kat boyadır. Isıl işlem

uygulanmış panellerde asit k rlenmeli ve su bazlı akrilik boyalar en iyi performansa sahiptir ve bu boyalar ile kaplanan panellerde boyanın pul pul dökülmesi gözlenmemektedir [Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009].

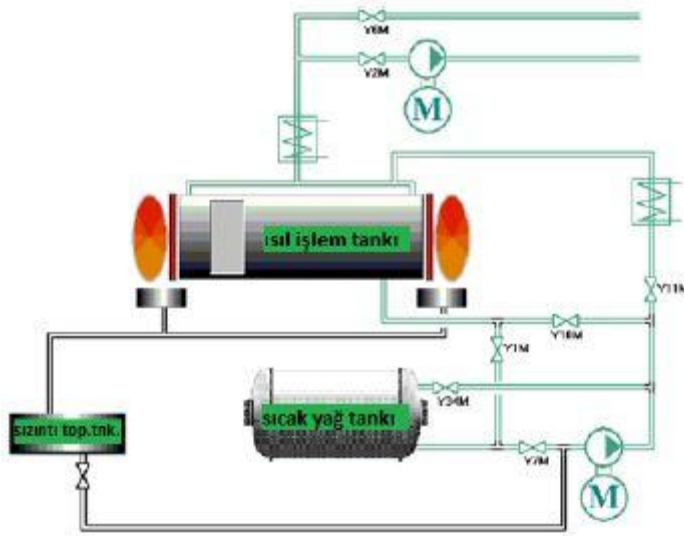
2.3.2. Isıl işlem yöntemleri

Ahşapta ısıı işlem uygulamasının ticarileştirilebilmesi için uzun yıllardır ara verilmeksizin araştırmalar yapılmaktadır. Ahşap koruyucuların toksit etkisi, tropical sert ağaçların kullanımı hakkındaki genel tartışma ve özellikle ahşap sanayinin ürün yelpazesini genişletmek ve üreticilerin istekliliği 2000'li yılların başından beri çeşitli ısıı işlem yöntemlerinin endüstriyel olarak geliştirilmesini sağlamıştır. Avrupa pazarında, çeşitli endüstriyel ısıı işlem yöntemleri sunulmuştur. Bunların içinde en yaygın olanları TermoWood yöntemi (Finlandiya), Plato yöntemi (Hollanda), Retification yöntemi (Fransa), Le Bois Perdure yöntemi (Fransa) ve Oil Heat Treatment (OHT) yöntemi (Almanya) dir. Avrupa'da ısıı işlemli ahşap üretiminin toplam kapasitesi yaklaşık 200 000 m³/yıl yalnız Finlandiya'daki üretim ise 100 000 m³/yıl tür. Isıl işlem tesisleri ise 1 000 - 30 000 m³/yıl arasında bir kapasiteye sahiptir [Sandberk ve ark., 2013].

Plato yöntemi

Ruyter (1989) tarafından patenti alınan Plato Wood 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. İkinci safhada 3-5 günlük bir sürede klasik kurutma yöntemi ile ağaç malzeme rutubeti %8 - %10 düzeyine indirilir.    nc  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 işleminin sonra ağaç malzeme %4 - %6 rutubet içeriğine sahip olur. Plato Wood yönteminde taze haldeki ağaç malzemeye ısıı işlem uygulanacaksa hidrotermoliz

sirkülasyonu sağlamaktadır. Isıl işlem uygulaması bittikten sonra ahşabı ısıtma tankından çıkarmadan önce sıcak yağ stok tankına geri gönderilmektedir. Bu yöntemde malzeme kalitesine göre farklı sıcaklık uygulanmaktadır. Isıl işlemde maksimum dayanıklılık ve minimum yağ tüketimi isteniyorsa ısıtma sıcaklığı 220 °C, maksimum dayanıklılık ve maksimum direnç değerleri isteniyorsa 180-200 °C olmalıdır. 220 °C’de ısıtma uygulamasında ahşabın kalınlığının orta noktası bu sıcaklığa ulaştığında ısıtma ve soğutma zamanları hariç 2-4 saatlik ısıtma süresi uygulanmaktadır. Toplam ısıtma süresi 17-19 saat kadardır. Isıtmada ham bitkisel yağ (şalgam tohumu, keten tohumu ve ayçiçeği yağı) kullanılmaktadır [Rapp ve Sailer, 2001; Perçin, 2012]. Şekil 2.9’da OHT yönteminin uygulanması şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2.9. Sıcak yağla ısıtma yönteminin şematik olarak gösterilmesi [Rapp ve Sailer, 2001]

Retification (Retified Wood) yöntemi

Fransa’nın Ecole des Mines de Saint – Etienne üniversitesinde geliştirilen ve New Option Wood şirketi tarafından patenti alınan bir yöntemdir. Öncelikle ağaç malzeme, %12 rutubete kadar kurutulmakta daha sonra 210 °C - 240 °C sıcaklıkta, %2’den daha az oksijenin bulunduğu nitrojen gazı atmosferi altında özel bölmelerde kademeli şekilde uygulanan ısıtma işlemi uygulanır. Bu işlem, her biri yılda 3500

m³'lük kapasite ile çalışan ve her birindeki 8 m³'lük belirli ısı işlem bölmesi olan üç farklı endüstriyel ünite biriminde ve bunlara ilaveten 2001'den bu yana işletimde olan bir başka fabrikada uygulanmaktadır [Vernois, 2001; Akkuş, 2012].

Le Bois Perdure yöntemi

Fransa'da lisanslı ve patentli olan yöntem, BCI – MBS şirketi tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde yeni kesilmiş keresteler ısı işlemine tabi tutulabilmektedir. İlk olarak ağaç malzeme fırında teknik kurutmaya tabi tutulmakta daha sonra, doymuş su buharı atmosferi altında 230 °C'de ısı işlem uygulanmaktadır [Vernois, 2001; Akkuş, 2012].

ThermoWood yöntemi

Finlandiya'da Teknik Araştırma Merkezi (The Technical Research Centre of Finland=Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT)) tarafından geliştirilmiş bir yöntem olup Finlandiya ThermoWood Derneği üyeleri tarafından lisanslı olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde ahşap malzemeler 180-250 °C arasında değişen yüksek sıcaklıklarda mümkün olduğu kadar oksijensiz bir ortamda buhar koruması altında ısıtılmaktadır [Militz, 2002; Rapp and Sailer, 2001; Perçin, 2012]. Bu yöntem üç aşamada gerçekleştirilmektedir.

1. Aşama; Yüksek sıcaklıkta kurutma periyodu

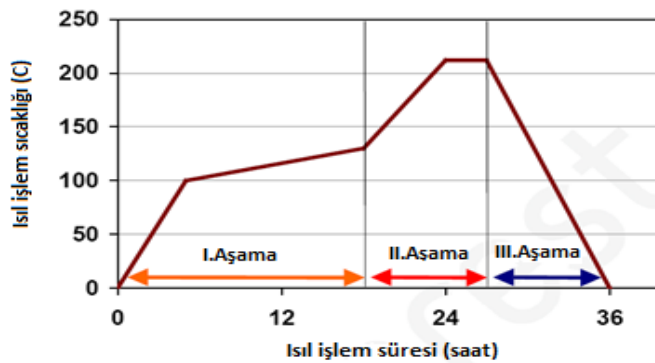
Isıl işlem uygulamasında en fazla zaman alan periyottur. Bu periyot ayrıca yüksek sıcaklıkta kurutma olarak da adlandırılmaktadır. Kuruma periyodunun başlangıcında ahşap malzeme kuru yada yaş halde olabilir. Başarılı bir kurutmada iç çatlamaların olmaması önemlidir. Sıcaklık artırılarak su buharı ortamında yüksek sıcaklıkta kurutma yapılır. Burada önce ahşabın sıcaklığı hızla 100 °C'ye çıkarılır, daha sonra yavaş yavaş 130 °C'ye kadar yükseltilir. Aynı zaman da ahşapta oluşabilecek çatlakları önlemek için, ön koruma amaçlı olarak ortama su buharı tatbik edilir. Rutubet miktarı hemen hemen sıfıra indirilir [Aydemir, 2007; Mayes ve Oksanen, 2002; Perçin, 2012].

2. Aşama; ThermoWood periyodu

Bu aşama yoğun ısıtma işlemi olarakta adlandırılır. Son kullanım amacına göre fırın içindeki sıcaklık 185 °C - 230 °C'ye kadar arttırılır. Önceden belirlenen hedef sıcaklığına ulaşıldığında, fırın sıcaklığı bu noktada sabit tutulur. Bu periyot ortalama olarak 2 - 3 saat sürmektedir. Ahşabın yanmasını engellemek amacıyla kullanılan gaz veya su buharının hem odunun korunmasında hem de odunda gerçekleşen kimyasal değişime etkisi bulunmaktadır [Aydemir, 2007; Mayes ve Oksanen, 2002; Perçin, 2012].

3. Aşama; Soğutma ve kondüsyonlama periyodu

Son bölümde de su spreyi veya buharı ile ahşabın sıcaklığı 50 °C - 60 °C'ye kadar düşürülür. Yeniden rutubetlendirme ve kondüsyonlama işlemi ile odun rutubeti %4 - %5 civarına getirilir. Sıcaklık arttırıldığında veya azaltıldığında, dış ve iç yüzey çatlamlarını önlemek ve kontrol etmek için özel bir uyum yolu kullanılır. Uyum değerleri ağaç türleri ve ebatlarına (genişlik, kalınlık) göre düzenlenir. Hammadde yeni kesilmiş (yaş) veya fırın kurusu ağaç olabilir. Eğer uygulama yeni kesilmiş ağaç malzeme ile başlarsa çok yüksek ısıda kurutma yöntemiyle kurutulabilir. Bu işlem her ağaç türünde en iyi şekilde uygulanabilir. İşlem sıcaklığına ve ağaç malzemeye bağlı olarak kondüsyonlama 2 - 5 saat arasında yapılabilir [Aydemir, 2007; Mayes ve Oksanen, 2002; Perçin, 2012]. ThermoWood yönteminin uygulanma diyagramı Şekil 2.10'da verilmiştir



Şekil 2.10. ThermoWood yönteminin uygulanması [Mayes ve Oksanen, 2002].

2.4. Ağaç Malzeme

2.4.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky)

Ülkemizde sarıçam Kuzey Anadolu, Bursa, Eskişehir, Kütahya, Akdağ madeni ve Kayseri-Maraş arasında görülmektedir. 30 - 45 m boy, 0,6 - 1,0 m çap yapmakta, gövde şekli düzgün ve dolgun, kullanılabilir gövde uzunluğu 18 - 20 m'dir [Bozkurt ve Erdin, 2011; Erdin ve Bozkurt, 2013]. Diri odun 5 - 10 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte, öz odun kırmızımsı sarı, kırmızımsı kahverengindedir. Kesimden sonra daha da koyulaşır. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır. Yaz odunu koyu renkli olup, açık renkli ilkbahar odunu ile kontrast yaratır. Yetiştirme muhitine bağlı olarak yıllık halkalar dar veya geniş olabilir. Radyal kesitte yaz odunu tabakası birbirine paralel şeritler halinde görülür. Odunu parlak değil mattır. Oldukça sert ve orta yoğunluktaki odunu dekoratif bir görünüşte ve taze halde iken reçine kokuludur [Erdin ve Bozkurt, 2013]. Sarıçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Sarıçamın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri [Erdin ve Bozkurt, 2013].

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	Do	0,49	g/cm ³
	D ₁₂	0,52	g/cm ³
Daralma yüzdesi	β _r	4,0	%
	β _t	7,7	%
	β _v	12,1	%
Elastikiyet modülü	E-Mod	11 700	N/mm ²
Eğilme direnci	σ _e	98	N/mm ²
Basınç direnci	σ _b //	54	N/mm ²
Çekme direnci	σ _ç //	102	N/mm ²
Dinamik eğilme direnci	a	3,9-7,0	kN/cm

Kolay kurutulur, çatlamaya ve şekil değişimine eğilimi azdır. İyi işlenir ve yapıştırılır. Yüzey işlemlerinde reçine sızıntısı nedeniyle güçlük çıkar. Güç cilalanır. Öz odunu oldukça dayanıklı, diri odunu mantar ve böceklerle karşı hassas, odunun rutubeti %25'den fazla olduğu hallerde, 20 °C - 25 °C sıcaklıklarda mavi renk

oluşumu meydana gelir. Binalarda iç ve dış mekanlarda, pencere doğramalarında, emprenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, maden direği, tel direği, ve travers olarak, kaplama levha, kontrplak, lif ve yonga levha ile kağıt endüstrisinde ve mobilya yapımında kullanılmaktadır [Erdin ve Bozkurt, 2013].

2.4.2. Doğu kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky)

Ülkemizde Doğu kayınının en geniş yayılış alanı Karadeniz ormanlarında görülür. Ayrıca Kuzey, Batı ve Güney Anadolu ile Marmara Bölgesinde lokal olarak bulunmaktadır. Ağaç boyu 30 - 40 m, gövde orta çapı 1,0 - 1,5 m, kullanılabilir gövde uzunluğu 15 - 20 m kadardır [Bozkurt ve Erdin, 2011; Erdin ve Bozkurt, 2013]. Diri odun ile öz odun arasında renk farkı yoktur. Odunu kırmızımsı beyaz renktedir. Olgun odun özelliklerine sahiptir. 80 yaşın üzerindeki ağaçlarda kırmızımsı kahverenginde düzensiz şekilli, iç kısımda dalgalı şeritli ve kırmızı yürek oluşumu adı verilen bir öz odun bulunur. Odunu sert ve ağırdır [Erdin ve Bozkurt, 2013]. Doğu kayını odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.4’de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Doğu kayınının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri [Erdin ve Bozkurt, 2013].

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	Do	0,68	g/cm ³
	D ₁₂	0,72	g/cm ³
Daralma yüzdesi	β _r	5,8	%
	β _t	11,8	%
	β _v	17,9	%
Elastikiyet modülü	E-Mod	15 700	N/mm ²
Eğilme direnci	σ _e	120	N/mm ²
Basınç direnci	σ _b //	60	N/mm ²
Çekme direnci	σ _ç //	132	N/mm ²
Dinamik eğilme direnci	a	0,98	kN/cm

Çatlamaya ve şekil değişimine eğilimi olduğundan dikkatli kurutulmalıdır. İşlenmesi kolaydır. Körleştirme etkisi orta derecededir. Soyulabilir, kesilebilir, çok iyi tormalanabilir. Yapıştırma ve yüzey işlemlerinde güçlük yoktur. Boyanması iyi

değildir, ancak iyi renk verilebilir ve iyi cila kabul eder. Böcek ve mantarlara karşı çok hassas olup dayanıksızdır ve çabuk ardalanır. Geniş bir kullanım alanına sahiptir. Masif mobilya, bükme mobilya, spor aletleri, alet sapları, tornacılıkta, kontrplak, kaplama levha, parke, fiçı sanayiinde, karoser yapımı, yonga levha, lif levha ve kağıt odunu olarak emprenye edildiği taktirde travers yapımında kullanılır. Ayrıca odun kömürü yapımında da değerlendirilmektedir [Erdin ve Bozkurt, 2013].

2.5. Su Bazlı Vernik Sistemleri

Su çözücülü sistemler, düşük VOC (organik esaslı uçucu bileşik) içeren en yaygın kullanım alanına sahip olan çevre dostu sistemlerdir. Aslında su çözücülü sistemler, klasik solvent çözücülü sistemlere göre önemli farklılıklar göstermektedir. Su çözücülü sistemlerin üretim, tüketim ve kullanımlarının son yıllarda ortalamanın oldukça üstünde bir hızla artış göstermesi, su çözücülü sistemlerin üretiminde kullanılan farklı özellikteki reçinelerin üretilebilmesinden kaynaklanmaktadır. Söz konusu reçineler oldukça çeşitli olup, alkid, polyester, epoksi, akrilik ve poliüretan esaslı olabilmektedir. Su çözücülü sistemlerin formüle edilmesine olanak sağlayan bağlayıcı reçinelerin bu kadar fazla çeşitlenmesi, diğer çevre dostu sistemlere kıyasla daha hızlı gelişmesine olanak sağlamıştır [Blanche, 1997; Kesik, 2009; Sönmez ve Budakçı, 2004].

Su bazlı reçine teknolojisi; polimer ve parçacık yapı üzerinde kontrolün arttırılması, film oluşum sürecinin ve özellikle de sonuç film morfolojisinin kontrol edilebilmesi ayrıca uygulamada çeşitliliğin artması ile tercih edilen bir teknoloji haline gelmiştir. Su bazlı reçine teknolojisindeki “polimer heterojenitesi kontrolü”, bu teknolojinin daha yaygın uygulanmasını sağlamış hemen hemen tüm kaplama segmentlerinde solvent bazlı kaplamaların yerine geçmesinde ve boya vernik endüstrisindeki sorunları çözmeye önemli bir araç olmuştur. Ayrıca bu durum evde ve endüstride çalışanlar için çok gelişmiş güvenlik ve çevre profiliyle düşük sağlık etkisini beraberinde getirmiştir [Overbeek, 2010].

Su çözücülü vernikler; alkid, polyester, akrilik ve poliüretan yanında daha birçok reçineden üretilen vernik türüdür. Parlak verniklerde renk pigmenti bulunmazken, mat verniklerde matlaştırıcı elemanlar bulunmaktadır. Endüstride önemli yer tutmaya başlayan bu sistem dispersiyon ve emülsiyon polimerizasyonu esasına göre hazırlanır [Johnson,1997].

Dispersiyon olarak tanımlanan 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 edinilememiştir. 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. Bu konuda öğrenilmesi gereken pek çok şey olmakla birlikte, dispersiyonların en çok umut vadeden su çözücülü yüzey işlemi sistemleri olduğu söylenebilir [Yıldız, 1999].

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 gözükmektedir. Su çözücülü vernikler, ağaç malzemenin rengini değiştirmeyen, çoğunlukla renksiz, kokusuz üretilen ve sararmayan kimyasal reaksiyon kurumalı verniklerdir. Reaksiyonla sertleştikleri için dönüşümsüz katman verirler [Yıldız, 1999].

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Ağaç malzemenin yoğunlaştırılması işleminde malzeme temel bileşenlerinden olan ligninin sıcaklık ile yeterince akıcı hale getirilerek, sıkıştırmadan kaynaklanan iç gerilmelerin oluşumunun engellenebileceği ve böylece yoğunlaştırılmış ahşap kullanımında karşılaşılan geri esneme (spring-back) eğiliminin ortadan kaldırılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca ağaç malzemenin yüksek sıcaklıklarda ve rutubet miktarında yoğunlaştırılması ile sıkıştırma öncesi başlangıç ölçülerine geri dönme eğiliminin ortadan kaldırılabileceği bildirilmiştir [Seborg ve ark., 1956].

Termo-mekanik yoğunlaştırmayla ilgili problemlerden birinin, panellerin tam basınç altında iken 100 °C veya daha az bir sıcaklıkta soğutulması gerektiği olduğu, ahşap paneller sıcak iken prestan çıkarılır ise önemli derecede bir geri esnemenin (spring-back) meydana geldiği, bu durumun ligninin doğal termoplastik yapısından ve ahşap panellerin rutubet miktarının, sıkıştırma sürecinde sıcaklığın etkisi ile azalmasından kaynaklandığı bildirilmiştir [Kollmann ve ark., 1975].

Fiziksel ve kimyasal işlemler ile ağaç malzemenin direncinin, sertliğinin, su iticilik ve stabilizasyonunun arttırılabileceği belirtilmiştir Bu işlemlerin sertleşme sonrası çözünmeyen su çözücülü polimerler veya sentetik reçinelerle muamele, hücre çeperi polimerlerinin organik kimyasallar veya çapraz bağlama maddeleri ile bağlanması, ahşap hücre lümenlerinde sıvı monomerlerin polimerizasyonu, ağaç malzemenin sıkıştırılarak veya reçine emdirilerek yoğunlaştırılması ve ısı ile muamele olduğu bildirilmiştir [Rowell ve Konkol, 1987].

Yaptıkları çalışmada, Beyaz ladin (*Picea glauca*) ağacını 20 °C ile 200 °C arasındaki sıcaklıklarda radyal yönde %12 ile %32 arasındaki sıkıştırma oranlarında Termo-Mekanik (TM) yöntemle yoğunlaştırmaya tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda eğilme direnci ve elastikiyet modülünün genellikle sıkıştırma ve sıcaklık seviyesi ile arttığını, bir istisna olarak 100 °C’de yoğunlaştırılmış ağaç direncinin diğer sıcaklık değerlerinden daha düşük çıktığını ve bu durumun, deney sıcaklığının ağaçta kritik

geçiş sıcaklığına yakın bir değerde olması ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir [Tabarsa ve Chui, 1997].

Güney çamı (*Pinus taeda*) ve sarı-kavak (*Liriodendron tulipifera*) odunları farklı sıcaklık (90 °C, 140 °C ve 200 °C) ve bağıl nem (%6.5, %62 ve %95) koşullarında radyal yönde sıkıştırılarak yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; tüm yoğunlaştırma koşullarından sonra çekme gerilimi ve elastikiyet modülünde önemli artışların gözlemlendiği ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) gözlemlerinde, yoğunlaştırılmış ahşabın hücre çeperinde kırılmaların olduğu tespit edilmiş ve hücre çeperindeki bu değişikliklerin çekme testi sonuçlarını etkilediği bildirilmiştir [Kultikova, 1999].

Kayın (*fagus sylvatica*) odununun yoğunlaştırma sonrası bazı özelliklerine sıcaklık, buhar basıncı, süre ve rutubet miktarı ile bunların kombinasyonlarının etkisinin araştırıldığı çalışmada, buhar sıcaklığının artması ile elastikiyet modülünün, ölçüsel değişikliklerin, gerilme katsayısının ve ağacın çalışmasından kaynaklanan şekil bozukluklarının önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir. Ağaç malzemedeki iç gerilmelerin ortadan kaldırılması ile malzemede oluşacak geri esnemenin (spring-back) önüne geçilebildiği, malzemedeki geri esnemenin elimine edilmesinde hücre çeperinin higroskopik bileşenlerinin özellikle hemiselülozun termal bozunmasının önemli rol oynadığı ayrıca, %30 sıkıştırma oranı ile sertlikte %50'lik bir artışın sağlanabildiği bildirilmiştir [Morsing, 2000].

Yaptıkları çalışmada, Kayın (*Fagus sylvatica*), Norveç ladini (*Picea abies*) ve sahil çamı (*Pinus pinaster*) ağaçlarını radyal yönde, 150 °C sıcaklık ve 13 MPa basınç altında üç saat süre ile buhar ortamında Termo-Higro-Mekanik (THM) yöntemle yoğunlaştırmaya tabi tutmuşlardır. Başlangıç yoğunlukları 0,67 g/cm³, 0,42 g/cm³ ve 0,50 g/cm³ olan sırası ile Kayın, Norveç ladini ve sahil çamının yoğunlaştırma sonrasında yoğunluklarının sırası ile 1,27 g/cm³, 1,30 g/cm³ ve 1,32 g/cm³ olduğunu ve mekanik testler sonucunda THM yöntemle yoğunlaştırılmış örneklerin Brinell sertlik, makaslama direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün kontrol örneklerle ve

Termo-Mekanik (TM) yöntemle yoğunlaştırılmış örnekler göre çok daha yüksek değerlerde olduğu bildirilmiştir [Navi ve Girardet, 2000].

Termo-Higro-Mekanik (THM) yöntemle yoğunlaştırılan ladin (*Picea glauca*) odununun fiziksel, mekanik ve dayanım özelliklerinin araştırıldığı çalışmada; 140 °C'deki doymuş buhar altında yoğunlaştırılan ahşabın mekanik özelliklerinin iyileştiği, higroskopisitesinin azaldığı fakat sıkıştırma oranındaki kararlılığın yoğunlaştırma sürecinin sıcaklığına ve süresine bağlı olduğu, yoğunlaştırma oranındaki kalıcılığın sağlanmasında THM sürecinin etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Ayrıca işlem sırasında oluşan iç gerilmelerin rahatlamasını sağlayan hemiselüloz ile lignini deforme olmuş mikrofibrillere bağlayan bağların zayıfladığı, hemiselülozun hidrolize olarak ayrışması nedeni ile lignin ve mikrofibriller arasındaki bağlantının zayıflamasına yol açtığı ve ahşap bileşenlerinde oluşan gerilme rahatlamasında hemiselülozun hidrolize olmasının önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir [Heger ve ark., 2004].

Sekiz farklı ağaç türünde yarı izostatik yoğunlaştırma yapılarak bazı fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlendiği çalışmada, yoğunlaştırma periyodu sonunda elde edilen yoğunluk artışı ile birlikte liflere paralel basınç direnci, radyal ve teğet yönlerdeki eğilme direnci ile Brinell sertlik değerlerinde artışın olduğu belirtilmiştir. Ancak yoğunlaştırılmamış örnekler göre özellikle liflere dik direnç değerlerindeki artışın beklenenden daha az gerçekleştiği bildirilmiştir [Blomberg ve ark., 2005].

Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) odunundan hazırlanmış örnekler kuintus bir preste 25 °C sıcaklık ve 140 MPa basınçta yarı izostatik olarak sıkıştırılmış ve sıkıştırma sonrası yoğunluk değişimi analiz edilmiştir. Sıkıştırma sonunda yoğunluğun arttığı, öz odun ile reçineli kısımların diri odundan daha az sıkıştırılabildiği belirtilmiştir. Pres tablasına yakın kısımların, geniş budak ve lif kıvrıklığı içeren bölümlerin daha fazla yoğunlaştığı ve yüksek yoğunluklu bölgelerin sıkışma oranlarının daha düşük olduğu bildirilmiştir [Blomberg ve Person, 2005].

Farklı kalınlıkta hazırlanan ağaç malzemeler; 175 °C pres sıcaklığında, farklı sürelerde, %13 ve %22 sıkıştırma seviyesinde, termo-mekanik yöntemle yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Araştırma sonucunda, yoğunlaştırmanın seviyesine bağlı olarak malzeme yüzeyinde bazı çatlamların olduğu, küçük ve sürekli olmayan bu çatlamların yoğunlaştırması yapılacak malzemenin pres tablası ile temasından sonra meydana geldiği bildirilmiştir. Oluşan bu çatlakların %22 sıkıştırma seviyesinde işlem gören malzemede daha yaygın gerçekleştiği ancak, bu malzemelerde daha pürüzsüz bir yüzey elde edildiği belirtilmiştir. Kontrol örneklerle göre sertlikte bir iyileşmenin yaşandığı, sertlikteki artış oranlarının %13 ve %22 sıkıştırma seviyelerinde sırası ile %23 ve %31 olarak gerçekleştiği bildirilmiştir. [Adlam, 2005].

Değişik ağaç türlerinin kuintus bir preste 140 MPa basınca kadar yarı izostatik olarak yoğunlaştırılması ile malzeme özelliklerinin değiştiği ve özellikle sertlik, eğilme direnci ve liflere paralel basınç direncinin arttığı fakat yoğunlaştırılmış ağaç malzeme suda bekletildiğinde yoğunlaştırma öncesindeki ilk ölçülerine neredeyse tamamen geri döndüğü bildirilmiştir [Blomberg, 2006].

Sıkıştırma ve yoğunlaştırmada ahşabın doğal elastik yapısının önemli bir rol oynadığı, yoğunlaştırmada odun sıcaklığının kritik geçiş sıcaklığının üzerinde olması ile amorf polimerlerin büyük bir deformasyona uğramadan ve hücresel kırılmalar olmadan yoğunlaştırmanın gerçekleşebileceğini, ağacın sıkıştırma özelliklerinin çoğunlukla ağacın yoğunluğuna, rutubetine, hücre çeperi hacmi ve sıkıştırma yönüne bağlı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca yoğunlaştırma işlemindeki ana problemlerden birinin geri esneme (spring-back) olduğu ve bu durumun sıcaklık ve buhar etkisi ile ortadan kaldırılabileceği belirtilmiştir [Kutnar ve Sernek, 2007].

Yarı izostatik (semi-isostatic) yoğunlaştırmanın, radiata çam gibi hızlı büyüyen yumuşak ağaç türlerinin yoğunluğunu ve mekanik özelliklerini arttırmak için kullanışlı bir yöntem olduğunu ancak bu yöntemin önemli bir dezavantajının, yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerin yüksek seviyede neme maruz kaldığında sıkıştırılmadan önceki orijinal ölçülerine geri dönmesi olduğu belirtilmiştir.

Yoğunlaştırma sonrası bu geri dönüşü (shape-recovery) önlemek ve ahşabın ölçüsel stabilitesini arttırmak için ısıtma işlemin kullanışlı bir yöntem olabileceği fakat yoğunlaştırılmış radiata çamın ölçüsel geri dönüşü üzerinde ısıtma işlemin sınırlı bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir [Boonstra ve Blomberg, 2007].

Titrek kavak (*Populus tremuloides* Michx.) odununun yüzey özelliklerinin geliştirilmesi ve en uygun yoğunlaştırma sürecinin belirlenmesi için yapılan mekanik yoğunlaştırma işleminde; sıkıştırma oranının yüzey sertliği, elastikiyet modülü ve çivi tutma direncini etkileyen en önemli faktör olduğu ve pres sıcaklığı etkisinin çok önemli olmadığı bildirilmiştir. En uygun presleme koşullarının ise 145 °C sıcaklık, %24 sıkıştırma oranı ve pres süresinin de 7 dak. olduğu belirtilmiştir. Bu koşullarda yoğunlaştırılan titrek kavağın sertliğinin, elastikiyet modülünün ve çivi tutma direncinin sırası ile %140, %23 ve %132 artış gösterdiği bildirilmiştir [Lamason ve Gong, 2007].

Norveç ladini (*Picea abies* Karst.) ağacından elde edilen deney örneklerinin 140 °C, 160 °C, 180 °C ve 200 °C sıcaklıkta ve 0,5 saat, 1 saat, 2 saat ve 4 saat süre ile termomekanik olarak yoğunlaştırılıp ardından 180 °C, 200 °C ve 220 °C sıcaklıkta 2 ve 4 saat süre ile OHT (oil-heat treated) yöntemine göre ısıtma işlem uygulanan çalışmada; yoğunlaştırılmış ve 200 °C'nin üzerinde ısıtma işlem görmüş ladinin sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüşün (compression-set recovery) neredeyse tamamen elimine edildiği ve bu sonucun 30 aylık doğal yaşlandırma sonrasında görüldüğü belirtilmiştir. Ayrıca boyutsal stabilite ve arttırılmış dayanıklılıkla ilgili olarak yoğunlaştırma ve OHT işlemlerinin birlikte kullanımının uygun olduğu bildirilmiştir [Welzbacher ve ark., 2008].

Norveç ladini (*Picea abies*) odunundan elde edilen örneklere doğrusal titreşimli sürtünme ile yapılan yüzey yoğunlaştırma çalışmasında; yüzey sertliğinin yoğunlaştırma oranı ile yakından ilişkili olduğu yoğunlaştırma oranı artışı ile sertlik değerinde arttığı belirtilmiştir. Ayrıca yüzey elastikiyetinin yoğunlaştırma oranına bağlı olarak %33'e kadar artabileceği, işlem sırasında hem radial hemde teğet

yüzeylerdeki sıcaklık artışının pres basıncı ve pres süresi ile pozitif yönde ilişkili olduğu bildirilmiştir [Rautkari ve ark., 2009].

Termo-mekanik (TM) modifikasyonun, mekaniksel olarak sıkıştırma ile termal işlemin birlikte kullanılmasına dayalı bir yoğunlaştırma tekniği olduğu ve bu yöntemde, ağaç malzemenin boşluk hacminin azaltılarak ve hücre çeperinin çökertilerek yoğunlaştırmanın gerçekleştirildiği belirtilmiştir [Kutnar ve ark., 2009].

Titrek kavak (*Populus tremuloides*) odununda yapılan yüzey yoğunlaştırmasının ve sonrasında uygulanan ısıl işlemin bazı fiziksel ve mekanik özellikler üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada; yoğunlaştırıldıktan sonra ısıl işlem uygulanan kavak ağacının boyutsal stabilitesinin önemli ölçüde iyileştiği ve bununla beraber mekanik özelliklerinde bir düşüşün meydana geldiği ancak mekanik özelliklerdeki bu düşüş sonunda oluşan değerlerin işlemsiz (kontrol) örneklerin değerlerinden hala yüksek olduğu bildirilmiştir [Gong ve ark., 2010].

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L). ağacından elde edilen deney örneklerinin anatomik yapısına farklı pres basıncı ve pres sıcaklığı etkisinin araştırıldığı çalışmada; her bir sıkıştırma koşulunda oluşan en yüksek deformasyonun tüm yıllık halkaların ilkbahar odunu zonunda gerçekleştiği ve yıllık halkalardaki deformasyon dağılımının tek tip olmadığı, termal sıkıştırma sürecinde hücre çeperi kalınlığının ahşap davranışında önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir. Daha yüksek sıcaklık ve daha yüksek basınçta yoğunlaşmanın daha fazla gerçekleştiği, hemen hemen tüm ilkbahar odunu dokularında hücre çökmelerinin yaşandığı ve hem işlem koşullarının hem de ağacın anatomik yapısının etkileşim içerisinde olduğu bildirilmiştir [Doğu ve ark., 2010].

Kayın odunundan hazırlanan örneklerin ölçüsel stabilitesinde presleme süresi ve yüksek pres sıcaklığının etkisinin araştırıldığı çalışmada; presleme sıcaklığı ve süresinin artması ile örneklerin ölçüsel stabilitesinde önemli derecede bir iyileşme olduğu, en uygun pres sıcaklık değerinin 200 °C, presleme süresinin ise 6 dk. olduğu bildirilmiştir [Kudela ve Resetka, 2011].

Okalüptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) ağacından elde edilen deney örnekleri iki farklı pres basıncı (40 bar ve 60 bar) ve iki farklı sıcaklıkta (130 °C ve 150 °C) bir saat süre ile yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Pres basıncının artması ile yüzey sertlik değerlerinin de arttığı, aynı sıcaklık seviyesinde daha yüksek pres basıncı uygulanan örneklerde kalınlık şişme miktarının daha fazla gerçekleştiği belirtilmiştir. Sıcak pres işlemi uygulamaları ile sertliği, boyutsal stabilitesi ve sağlamlığı arttırılmış ürün elde etmenin mümkün olabileceği bildirilmiştir [Ünsal ve ark., 2011].

Titrek kavak (*Populus tremuloides*) odunlarından hazırlanan kaplamaların yoğunlaştırılıp ardından değişik sıcaklık (180 °C, 200 °C ve 220 °C) ve sürelerde (1 saat, 2 saat ve 3 saat) OHT yöntemine göre ısıtıl işlem uygulanan çalışmada; yoğunlaştırılmış kavak kaplamalara uygulanan ısıtıl işlemin Brinell sertlik değerleri üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu fakat malzemenin higroskopiklik özelliklerini düşürdüğü belirtilmiştir. Sertlik değerlerinin düşmesine rağmen kontrol örneklerinin sertliklerinden hala 2 - 3 kat daha fazla olduğu, eğilme direncinde de benzer sonuçların alındığı ve yoğunlaştırılmış kaplamalara uygulanan ısıtıl işleminden sonra eğilmede elastikiyet modülünün artış gösterdiği bildirilmiştir [Fang ve ark., 2012].

Sarıçamdan (*Pinus sylvestris* L.) elde edilen deney örnekleri açık sistemde ve üç farklı sıcaklık (120 °C, 140 °C ve 160 °C) seviyesinde termo-mekanik (TM) yöntemle yoğunlaştırılmıştır. Yoğunlaştırma sürecinden sonra sarıçamın direnç özelliklerinin önemli derecede artış gösterdiği, bu artışların yoğunlaştırma ile ağaç malzemenin boşluk hacmindeki azalmadan ve yük taşıma özelliğine sahip birim hacimdeki hücre çeperi maddesi artışından kaynaklandığı belirtilmiştir. Eğilme, makaslama ve liflere paralel basınç direnci için en uygun sıcaklığın 120 °C, Brinell sertlik değeri için ise 140 °C olduğu belirtilmiş, yoğunlaştırma sonrası eğilme direncinde %42, makaslama direncinde %20, basınç direncinde %47, radyal yöndeki sertlikte %242 ve teğet yöndeki sertlikte %268 artış elde edildiği bildirilmiştir [Ülker ve ark., 2012].

Pinus caribaea var. *hondurensis* odunundan elde edilen deney örnekleri termomekanik (TM) yöntemle, %25 ve %50 sıkıştırma oranında, iki farklı sıkıştırma modelinde ve 50 dakikalık sürelerle yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonrası örneklerde kütle kayıplarının olduğu ve bu kayıpların rutubet miktarındaki kayıplarla eşdeğerde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünde orta dereceli bir iyileşmenin meydana geldiği, yüzey ıslanabilirlik özelliğinin azaldığı, boyutsal stabilitede bir iyileşmenin olmadığı fakat mekanik özelliklerinin iyileşme eğiliminde olduğu bildirilmiştir [Santos ve ark., 2012].

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunundan hazırlanmış örnekler 150 °C’de ve üç farklı sıkıştırma seviyesinde yüzey yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuş ardından hidrotermal işlemler uygulanmıştır. Yoğunluk profillerinde az da olsa ortaya çıkan farklılaşmaların sıkıştırma seviyelerindeki farklılaşmadan kaynaklandığı, yüzey yoğunlaştırmasından sonra uygulanan hidrotermal işlemlerin ortalama %3,8’lik bir kütle kaybına neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yoğunlaştırma işleminin Brinell sertlikte %90’ın üzerinde bir artış sağladığı, hidrotermal işlemlerden sonra sertlik değerlerinde düşüşün yaşanmadığı, yüzey yoğunlaştırma işleminden sonra kalınlıktaki elastik geri dönüşün önemli derecede arttığı ancak hidrotermal işlemlerin elastik geri dönüşü azalttığı bildirilmiştir [Rautkari ve ark., 2013].

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağacının diri odun kısımlarından hazırlanan örneklerle, 150 °C’de ve üç değişik sıkıştırma seviyesinde yüzey yoğunlaştırma işlemi ve sonrasında örneklerin yarısına 200 °C’de hidrotermal olarak son işlem uygulanmıştır. Yoğunlaştırma işleminin çok az bir miktar kütle kaybına yol açtığı, hidrotermal işlemlerin yoğunlaştırılmamış örneklerde ortalama %4,1 ve yoğunlaştırılmış örneklerde %3,8 lik bir kütle kaybına neden olduğu ve sıkıştırma oranının etkisinin bu durumda önemsiz olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, yoğunlaştırma sonrası 200 °C’de uygulanan hidrotermal işlemlerin sıkıştırma oranı kalıcılığında önemli bir etken olduğu bildirilmiştir [Laine ve ark., 2013].

Kavak (*Populus tremula*) ve huş (*Betula pubescens*) ağaçlarından elde edilen deney örnekleri sıcaklık, buhar ve basınç (THM yöntemi) kullanılarak, 200 °C sıcaklıkta,

550 kPa buhar basıncında ve 1,5 MPa - 7,3 MPa arasındaki pres basınçlarında sıkıştırılarak yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Yoğunlaştırma sürecinde oluşan kusurların (çatlama, kabarma-çökme) huş örneklerde %75 iken kavak örneklerde sadece %25 olduğu ancak, yoğunlaştırma sürecinde ön işlem (ısıtma, buharlama) süresinin arttırılarak oluşan bu kusurların minimize edilebileceği bildirilmiştir [Ahmed ve ark.,2013].

Termo-hidro-mekanik (THM) yöntemle yoğunlaştırılan göknar odunu için en uygun yoğunlaştırma parametrelerinin (sıkıştırma oranı, sıcaklık ve süre) belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada; en uygun sıkıştırma oranı %60, sıcaklık 230 °C ve süre 20 dakika olarak tespit edilmiştir. Bu şartlarda işlem gören göknar odununun sertliği 30 MPa yapışma direnci ise 8 MPa olarak bulunmuş, ayrıca 2 saatlik suda bekletme ve iki saatliğine suda kaynatma sonucunda sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı da yaklaşık %10 olarak tespit edilmiştir [Li ve ark., 2013].

Sarıçamdan (*Pinus sylvestris* L.) elde edilen deney örnekleri açık sistemde ve üç farklı sıcaklık (120 °C, 140 °C ve 160 °C) seviyesinde termo-mekanik (TM) yöntemle yoğunlaştırılmıştır. Yoğunlaştırılmamış (kontrol) sarıçam örneklerine göre; yüzey pürüzlülüğünün planyalanmış yüzeylerde %26, daire testerede kesilmiş yüzeylerde %38 ve zımparalanmış yüzeylerde %32 oranında düştüğü belirtilmiştir. Pürüzlülük değerinin 140 °C’de yoğunlaştırılmış örneklerde en düşük değerde elde edildiği, sıcaklığın 160 °C’ye çıkarılmasından sonra pürüzlülüğün arttığı; planyada bıçak sayısının, daire testerede diş sayısının ve zımparalamada kum sayısının arttırılması ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığı bildirilmiştir [İmirzi ve ark., 2014].

Basınç altında iken ısıtılarak ya da buharlanarak ısıl işleme tabi tutulan odunun boyutsal stabilizasyonunun hemiselülozun degradasyonu ile değil lignin-hemiselüloz matrikslerinin ısı ile plastikleştirilmesi sonucunda başarıldığı, bu şekilde hemiselülozun degradasyonunun en düşük seviyede olduğu, mekanik özelliklerdeki azalmanın tolere edilebilir hale geldiği, ayrıca yüzey sertliğinde de bir miktar artış sağlanabileceği bildirilmiştir [Inoue ve diğ., 1993].

Doğu kayını ve Doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri üzerine ısı işlem uygulamasının etkilerinin incelendiği çalışmada; deney örneklerine dört farklı sıcaklık (130 °C, 150 °C, 180 °C ve 200 °C) ve üç farklı sürede (2, 6 ve 10 saat) normal atmosferik koşullarda (etüv) ısı işlem uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; ısı işlem uygulamasının fiziksel özellikler üzerindeki etkisi özellikle boyutsal stabilizasyon bakımından memnun edici bulunduğu, mekanik ve teknolojik özelliklerde genellikle artan sıcaklık ve süreye bağlı olarak düşüşlerin yaşandığı, kimyasal özelliklerde ise ısı işleminden en fazla zarar gören hücre çeperi bileşeninin hemiselüloz olduğu bildirilmiştir [Yıldız, 2002].

Ladin odununun mekanik özellikleri, boyutsal stabilitesi ve renk değişimi üzerinde yüksek sıcaklığın etkisinin araştırıldığı çalışmada; farklı bağıl nem koşullarında (%50, %65, %80 ve %95) kondisyonlanmış deney örneklerine, 200 °C sıcaklıkta 2, 4, 8, 10 ve 24 saat ve de 100 °C ve 150 °C sıcaklıkta 24 saat süre ile ısı işlem uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, ısı işlem sonucu mekanik özelliklerde düşüşün gerçekleştiği, odunun boyutsal stabilizasyonunun arttığı ve odun renginin koyulaştığı belirtilmiş ayrıca, yüksek sıcaklıkta muamele edilmiş ağaç malzemenin eğilme direncindeki ortalama düşüşün %44 - %50 civarında olduğu, elastikiyet modülündeki düşüşün ise %4 - %9 oranlarında olduğu bildirilmiştir [Bekhta ve Niemz, 2003].

Isı işlem görmüş göknar (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinin araştırıldığı çalışmada; deney örneklerine atmosferik şartlar altında 3 farklı sıcaklık (170 °C, 190 °C ve 210 °C) ve 3 farklı sürede (4 saat, 8 saat ve 12 saat) ısı işlem uygulanmıştır. Isı işlemin örneklerin denge rutubeti ve renk değişimi gibi fiziksel özellikleri üzerinde etkisinin olumlu olduğu, sıcaklık ve sürenin artmasıyla mekanik ve teknolojik özelliklerde düşüşlerin yaşandığı belirtilmiştir [Aydemir, 2007].

Sahil çamı ve okaliptus odun örneklerinin buharla birlikte otoklav içerisinde 2 - 12 saat süre ve 190 °C - 210 °C sıcaklıklarda ısıyla muamele edildiği çalışma sonucunda; odunun su alış verişinde önemli iyileşmeler meydana geldiği, denge

rutubet miktarının çamda %46 ve okaliptus'ta %61 oranlarında düştüğü, boyutsal stabilizasyonun arttığı ve yüzey ıslanabilirliğinin azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca elastikiyet modülünün çok az etkilendiği fakat eğilme direncinde ciddi düşüşlerin gerçekleştiği ve okaliptusun ısıtılma verdiği tepkinin çama göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir [Esteves ve ark., 2007].

Ağaç malzemenin boyutsal stabilitesini ve/veya dayanıklılığını iyileştirmenin, pestidiler ile emprenye, yoğunlaştırma ve/veya reçine emprenyesi, hücre çeperi bileşenlerinin kimyasal modifikasyonu ve ısıtılma olduğu bildirilmiştir [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Sarıçam odununun 150 °C, 170 °C ve 190 °C sıcaklıklarda 4, 6 ve 8 saat süreyle ısıtılma tabi tutulduğu çalışmada; deney örnekleri üzerinde eğilmede elastikiyet modülü (EM), eğilme direnci (ED), basınç direnci (BD), ağırlık kaybı (AK), toplam renk değişimi (ΔE^*) ve hacimsel şişme değerleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ısıtılma işleminden sonra sarıçamın EM ve ED değerlerinin düştüğü, BD değerinin arttığı belirtilmiştir. Isıtılma işlemin, sarıçamın renginde koyulaşmaya neden olduğu, hacimsel şişmesinin yaklaşık %50 azaldığı, ısıtılma işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça bu özelliklerdeki değişiminde arttığı bildirilmiştir [Özçifçi ve ark., 2009].

Karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) ve dişbudak (*Fraxinus exelsior* L.) odunlarına 212 °C'de TermoWood yöntemine göre ısıtılma işlem uygulanan çalışmada; ısıtılma işlemin, ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluk ve tam kuru yoğunluk özelliklerini önemli oranlarda düşürdüğü, hacimsel çekme ve şişme ile su geçirgenlik direncinde önemli derecede direnç artışı olduğu belirtilmiştir. Bu durumun, ağaç malzemenin çarpılma veya burulma özellikleri üzerine de olumlu etkisinin olduğu bildirilmiştir [Altınok ve ark., 2010].

Türkiye'de yetişen çam (*Pinus nigra* Arnold.) ve göknar (*Abies bornmülleriana* Mattf.) odunlarından elde edilen deney örneklerine TermoWood yöntemi ile 190 °C ve 212 °C sıcaklıkta 2 saat süre ile ısıtılma işlem uygulanan çalışmada; ısıtılma işlem uygulamalarından sonra her iki ağaç türünde de kopma modülü (MOR), eğilmede

elastikiyet modülü (MOE) ve dinamik eğilme direncinin (IBS) açık bir şekilde azaldığı fakat basınç direncinde (CS) küçük bir artışın yaşandığı belirtilmiştir. Isıl işlemde en çok etkilenen mekanik özelliklerin MOR ve IBS olduğu, MOE deki azalmanın MOR ve IBS den daha az olduğu, hacimsel çekme ve şişmenin yaklaşık yarı yarıya azaldığı ayrıca, fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimin göknara göre çamda daha fazla olduğu bildirilmiştir [Şahin Kol, 2010].

Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve karakavak (*Populus nigra* L.) odunlarından elde edilmiş lamine ağaç malzemelere ThermoWood yöntemine göre 185 °C ve 212 °C’de 2 saat süre ile ısıtım işlemi uygulanmıştır. Isıtım işlemi tabii tutulan örneklerin hava kurusu ve tam kuru yoğunluklarında düşüşlerin meydana geldiği bununla birlikte %40 oranında boyutsal stabilizasyonun sağlandığı belirtilmiştir. Mekanik özelliklerde sıcaklığa bağlı olarak direnç kayıplarının gerçekleştiği, sıcaklık artışı ile bu kayıpların da arttığı, sertlik değerlerinde artan sıcaklığa bağlı olarak düşüşlerin yaşandığı ayrıca yanma testlerinde ısıtım işlemli örneklerin kontrol örneklerine göre daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir [Perçin, 2012].

Yabancı Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odunundan hazırlanan örnekler ThermoWood yöntemi ile 190 °C ve 212 °C sıcaklıklarda 1 ve 2 saat süre ile ısıtım işlemi tabii tutulmuştur. Isıtım işlemi sonucu fiziksel özelliklerde iyileşmenin görüldüğü, rengin koyulaştığı ve parlaklığın azaldığı, liflere paralel basınç direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün arttığı diğer mekanik dirençlerde ise azalmanın gerçekleştiği belirtilmiştir. Janka sertlik değerinin enine kesitte arttığı ancak teğet ve radyal kesitte farklılıkların görülmediği, yaşlandırılmış örneklerde ısıtım işleminin yüzey düzgünlüğünü iyileştirdiği bildirilmiştir [Aytin, 2013].

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kestane (*Castanea sativa* M.) ağaçlarından hazırlanan deney örneklerine 100 °C, 150 °C ve 200 °C sıcaklıkta 2, 4 ve 6 saat süre ile ısıtım işlemi uygulanmış ardından örnek yüzeyleri su bazlı vernikler ile verniklenmiştir. 100 °C, 150 °C ve 200 °C sıcaklıkta 2 saat süre ile ısıtım işlemi görmüş her iki ağaç türünde de vernik katmanlarının sertlik, parlaklık ve yapışma direncinin

arttığı, aynı sıcaklıklarda 4 ve 6 saat süreli ısıtım uygulamalarından sonra ise katman özelliklerinin bozulduğu belirtilmiştir [Özalp ve ark., 2009].

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve kestane (*Castanea sativa* M.) deney örnekleri; 100 °C, 150 °C ve 200 °C’de 2, 4 ve 6 saat süre ile ısıtım işlemine tabi tutulmuş ve ardından örnek yüzeylerine su bazlı vernikler uygulanmıştır. Tüm ağaç türlerinde çift bileşenli verniğin tek bileşenli verniğe göre daha üstün olduğu, ısıtım işlemleri ile 100 °C’de 2 saat ısıtım işlemine tabi tutulan örneklerin sertlik dirençlerinin 100 °C’de 4 ve 6 saat ile 150 °C ve 200 °C’de 2, 4 ve 6 saat ısıtım işlemine tabi tutulan örneklerle göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Isıtım işlemleri örneklerin yapışma direncinin, ısıtım işlemli örneklerle göre daha iyi olduğu ve ısıtım işlemli örneklerin parlaklık değerlerinin düştüğü bildirilmiştir [Gezer, 2009].

Değişik türdeki ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan farklı vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci üzerinde, ağaç türü ve vernik çeşidi etkisinin önemli, katman kalınlığı etkisinin ise önemsiz olduğu, yapışma direncinin iğne yapraklı ağaç odunlarına göre yapraklı ağaç odunlarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En yüksek yapışma direncinin poliüretan ve akrilik verniklerde elde edildiği, katmanlar arası yapışma direnci incelenmesinde; ağaç malzeme-dolgu verniği ara kesitinde en fazla yapışma başarısızlığının olduğu, dolgu katı üzerine oluşturulmuş olan son kat vernik katmanlarının yapışma direnci üzerinde etkisinin olmadığı belirtilmiştir [Budakçı ve Sönmez, 2010].

Limba (*Terminalia superba*), iroko (*Chlorophora excelsa*), dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ağaçlarından elde edilen örneklerle iki farklı sıcaklık (150 °C ve 180 °C) ve iki farklı sürede (3 saat ve 6 saat) ısıtım işlemi uygulandıktan sonra örnek yüzeylerine dört farklı çeşit vernik (selülozik, sentetik, poliüretan ve su bazlı) uygulanmıştır. Isıtım işleminden sonra selülozik ve sentetik vernik uygulanmış tüm ağaç türlerinde yüzey parlaklığının arttığı, fakat ısıtım işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak tüm ağaç türlerinde parlaklık değerlerinin azaldığı ayrıca sertlik ve çizilme direnci değerlerinin işlem kombinasyonlarından sonra tüm ağaç türlerinde azaldığı belirtilmiştir [Çakıcıer ve ark., 2011].

4. MALZEME VE YÖNTEM

4.1. Malzeme

4.1.1. Ağaç malzeme

Bu çalışmada, ağaç işleri endüstrisi ile mobilya ve dekorasyon uygulamalarında yaygın olarak kullanılan iğne yapraklı ağaçlardan sarıçam (*Pinus silvestris* L.), geniş yapraklı ağaçlardan Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kullanılmıştır. Deney örneklerinin hazırlandığı sarıçam ağacı Mesudiye Orman İşletme Müdürlüğü Melet İşletme Şefliği sahasından, Doğu kayını ağacı ise Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü Akkuş İşletme Şefliği sahasından temin edilmiştir. Ağaçların büyüme kusuru ihtiva etmeyen, çürüksüz, sağlam ve alındıkları bölgeyi en iyi temsil edebilecek bireyler olmasına dikkat edilmiştir.

4.1.2. Vernik

Çalışmada deney örneklerinin verniklenmesi için nano teknoloji ile üretilen, parlak özellikteki tek bileşenli ve çift bileşenli su bazlı ahşap verniği kullanılmıştır. Her iki vernik türü de Kimetsan firmasından temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan verniklerin reçine grubu ve kısaltılmış kodları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Verniklerin reçine grubu ve kısaltılmış kodları

Vernik çeşidi	Reçine grubu	Kısaltma kodu
Su bazlı dolgu verniği	Akrilik kopolimer esaslı reçine	Sd
Tek bileşenli su bazlı vernik (son kat)	Akrilik kopolimer esaslı reçine	Tbs
Çift bileşenli su bazlı vernik (son kat)	Akrilik modifiyeli poliüretan reçine	Çbs

Çalışmada kullanılan verniklerin teknik özellikleri ve bazı uygulama şartları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Verniklerin teknik özellikleri ve bazı uygulama şartları

Vernik çeşidi	pH derecesi	Yoğunluk (g/cm ³)	Uygulama viskozitesi (sn/DIN Cup 4mm/20 °C)	Uygulanacak vernik miktarı (g/m ²)	Tabanca uç açıklığı	Hava basıncı (bar)
Sd	8,1	1,11	18	70	0,8	1-1,5
Tbs	8,1	1,13	18	65	0,8	1-1,5
Çbs	8,2	1,15	18	75	0,8	1-1,5

Ayrıca, verniklerin uygulamaya hazır haldeki katı madde oranları ve uygulandıktan sonra tam kuruması gerçekleşen vernik katmanlarının kuru film kalınlıkları çalışmanın bulgular bölümünde verilmiştir.

4.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

4.2.1. Tomrukların biçilmesi, kurutulması ve taslak olarak ölçülendirilmesi

Sarıçam ve Doğu kayını ağaçlarından elde edilen yuvarlak odunlar TS 53 ve TS 2470’de belirtilen esaslara göre kuruma payları ile numune ölçüleri dikkate alınarak, yıllık halkalar yüzeye paralel (teğet kesit) gelecek şekilde ve diri odun kısımlarından kaba ölçüde kerestelere dönüştürülmüştür (Resim 4.1).



Resim 4.1. Tomrukların kaba ölçülerde kerestelere dönüştürülmesi

Daha sonra bu keresteler otomatik yönetilen klasik kurutma fırınında ortalama %12 rutubet miktarına kadar kurutulmuştur. Kurutulan keresteler; fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerin belirlenmesi testlerinde kullanılmak üzere, kontrol grupları ve yoğunlaştırma işlemi yapılacak gruplar için Çizelge 4.3’de belirtilen taslak ölçülerde yeterli miktarda kesilmiştir. Hedeflenen sıkıştırma kalınlığını (20 mm) ve sıkıştırma oranlarını (%20 ve %40) elde edebilmek için, yoğunlaştırma işlemi yapılacak deney örnekleri iki farklı kalınlığa (25 mm ve 33,3 mm) getirilmiştir.

Çizelge 4.3. Fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerin belirlenmesi testlerinde kullanılacak deney örneklerinin sıkıştırma öncesi ölçüleri

Sıkıştırma oranı	Ölçüler (mm)		
	Uzunluk (boyuna yön)	Genişlik (teğet yön)	Kalınlık (radyal yön)
Kontrol	450	95	20,0
%20	450	95	25,0
%40	450	95	33,3

Üstyüzey işlemlerine ait özelliklerin belirlenmesi testlerinde kullanılmak üzere ise, kontrol grupları ve yoğunlaştırma işlemi yapılacak gruplar için Çizelge 4.4’de belirtilen taslak ölçülerde yeterli miktarda deney örneği kesilmiştir. Hedeflenen sıkıştırma kalınlığını (10 mm) ve sıkıştırma oranlarını (%20 ve %40) elde edebilmek için, yoğunlaştırma işlemi yapılacak deney örnekleri iki farklı kalınlığa (12,5 mm ve 16,7 mm) getirilmiştir.

Çizelge 4.4. Üstyüzey işlemlerine ait özelliklerin belirlenmesi testlerinde kullanılacak deney örneklerinin sıkıştırma öncesi ölçüleri

Sıkıştırma oranı	Ölçüler (mm)		
	Uzunluk (boyuna yön)	Genişlik (teğet yön)	Kalınlık (radyal yön)
Kontrol	450	95	10,0
%20	450	95	12,5
%40	450	95	16,7

Deney örnekleri, yoğunlaştırma işlemlerinden önce 20 ± 2 °C sıcaklıkta ve bağıl nemi 65 ± 5 olan iklimlendirme kabini içinde değişmez kütleye ulaşınca kadar bekletilmiştir. Kondisyonlama sonrası meydana gelebilecek rutubet değişikliklerini

önlemek için, deney örnekleri yoğunlaştırma anına kadar plastik poşetler içerisinde muhafaza edilmiştir.

4.2.2. Deney örneklerinin termo-mekanik yoğunlaştırılması

Taslak ölçülerine getirilmiş sarıçam ve Doğu kayını örneklerin açık sistemde termo-mekanik (TM) yöntemle sıkıştırılarak yoğunlaştırılması, tabla ebatları 60x60 cm olan sıcaklık ve basınç kontrolü yapılabilen özel tasarlanmış hidrolik pres vasıtası ile gerçekleştirilmiştir (Resim 4.2).



Resim 4.2. Yoğunlaştırma işlemlerinde kullanılan hidrolik pres

Yoğunlaştırma işlemi 110 ± 5 °C ve 150 ± 5 °C sıcaklıklarda %20 ve %40 sıkıştırma oranında dört farklı varyasyon oluşturularak yapılmıştır. Yoğunlaştırma varyasyonları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Yoğunlaştırma varyasyonları

Yoğunlaştırma		
Pres sıcaklığı	Sıkıştırma oranı	Süre
110 °C	%20	Isıtma + 10 dak.
	%40	Isıtma + 10 dak.
150 °C	%20	Isıtma + 10 dak.
	%40	Isıtma + 10 dak.

Pres tablasına yerleştirilen deney örnekleri ilk olarak, her iki yüzeyi pres tablasına temas edecek şekilde hafif bir basınç altında tutulmuş ve dijital ısı ölçerle kontrol edilerek deney örneklerinin iç sıcaklığı pres tablalarının sıcaklık değerine ulaşınca kadar bu pozisyonda bir süre bekletilmiştir. Hedeflenen sıkıştırma oranlarına ulaşabilmek için belli aralıklarla pres tablasına metal stoplayıcı çıtalar yerleştirilmiştir (Resim 4.3).



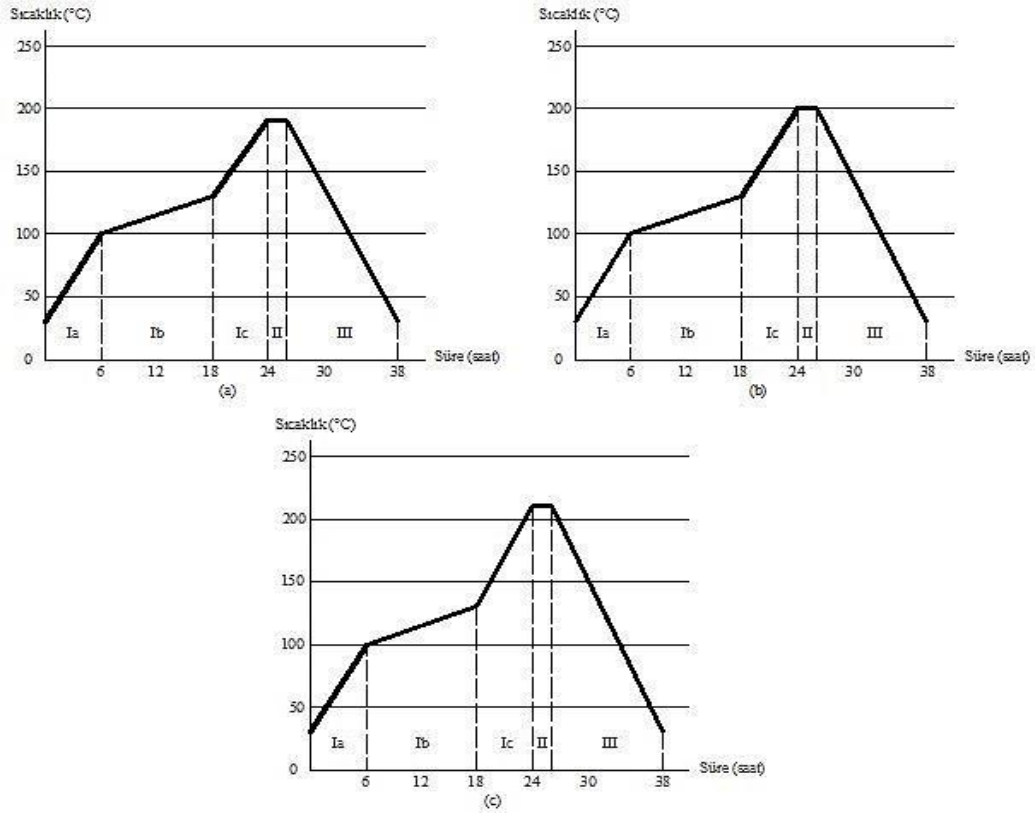
Resim 4.3. Sıkıştırma öncesi örneklerin sıcak preste ısıtılması ve metal stoplayıcı çıtaların konumu

Fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerin belirlenmesi testlerinde kullanılacak örneklerin sıkıştırılmasında 20 mm kalınlığındaki metal stoplayıcı çıtalar, üstyüzey işlemlerine ait özelliklerin belirlenmesi testlerinde kullanılacak örneklerin (vernük uygulanacak) sıkıştırılmasında ise 10 mm kalınlığındaki metal stoplayıcı çıtalar kullanılmıştır. Daha sonra 60 mm/dak. yükleme hızında otomatik kontrol ile örneklerin radyal yönde sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sıkıştırılan deney örnekleri 10 dakika süre ile basınç altında tutulmuş ve bu sürenin sonunda örnekler presten alınarak, geri esneme (spring-back) etkisini en aza indirmek amacı ile ortalama 5 kg/cm²'lik basınç altında oda sıcaklığına kadar soğumaları sağlanmıştır.

4.2.3. Deney örneklerine ısıl işlem uygulanması

Yoğunlaştırılmış sarıçam ve Doğu kayını örneklerinde, boyutsal stabilitenin sağlanması ve bu ağaç malzemelere ısıl işlemin etkisinin belirlenmesi amacı ile

hedeflenen üç farklı sıcaklık seviyesinde (190 ± 3 °C, 200 ± 3 °C ve 210 ± 3 °C) ThermoWood yöntemine göre ısıtım işlem uygulanmıştır. Deney örneklerinin ısıtım işlem süresi toplamda 38 saat, hedeflenen sıcaklıklardaki ısıtım işlem süresi ise 2 saat sürmüştür. Deney örneklerine farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıtım işlemin şematik gösterimi şekil 4.1’de verilmiştir.



şekil 4.1. (a) 190 °C sıcaklıkta, (b) 200 °C sıcaklıkta ve (c) 210 °C sıcaklıkta uygulanan ısıtım işlemin şematik gösterimi

Isıtım işlem uygulamasından sonra deney örnekleri düzgün bir şekilde istiflenerek 2 - 3 hafta süre ile 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm5$ bağıl nem koşullarında dinlendirilmiştir.

4.2.4. Deney örneklerinin ölçülendirilmesi

Fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikler ile üstyüzey işlemlerine ait özelliklerin belirlenmesinde kullanılacak kontrol ve işlem grubu deney örnekleri öngörülen testler ve ilgili standartlar gereğince daire testere ve planya-kalınlık makineleri

kullanılarak ölçülendirilmiştir. Her bir test grubuna ait numune ölçüleri ve numune sayıları Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Araştırma kapsamındaki testler, deney örneği ölçüleri ve sayıları

Testler	Deney örneği ölçüleri (mm)			Deney örneği sayısı
	Uzunluk (boyuna yön)	Genişlik (teğet yön)	Kalınlık (radyal yön)	
Sıkıştırma oranı	30	20	h*	80
Geri esneme (spring-back) oranı	30	20	h	320
Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı	30	20	h	320
Radyal sıkıştırma yönü şişme oranı	30	20	20	400
Hava kurusu yoğunluk	30	20	20	400
Liflere paralel basınç direnci	30	20	20	400
Statik eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü	360	20	20	400
Radyal ve teğet yönde Brinell sertlik	50	20	20	400
Üstyüzey işlemlerine ait testler	80	80	10	640

h*: 20 mm + geri esneme kalınlığı

Fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerin belirlenmesinde, her bir testteki kontrol ve işlem grupları için 10 tekrarlı (n=10) olacak şekilde, üstyüzey işlemlerine ait özelliklerin belirlenmesinde ise, her bir testteki kontrol ve işlem grupları için 8 tekrarlı (n=8) olacak şekilde ve Çizelge 4.6’da belirtilen sayılarda deney örneği hazırlanmıştır.

Testlerden önce deney örnekleri, TS 2471’e göre 20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl nem koşullarına ayarlanmış iklimlendirme kabiniinde değişmez kütleye ulaşınca kadar bekletilerek kondisyonlanmıştır. Kondisyonlama sonrası rutubet değişimlerini önlemek için, deney örnekleri test anına kadar plastik poşetler içerisinde muhafaza edilmiştir.

4.2.5. Üstyüzey testlerinde kullanılacak deney örneklerinin verniklenmesi

Vernik uygulamalarından önce örnek yüzeyleri sırası ile 150 ve 180 kum zımpara ile zımparalanmış ve basınçlı hava ile tozları alınmıştır. Daha sonra verniksiz (kontrol) yüzey özelliklerinin belirlenmesi için deney örneklerinde; yüzey pürüzlülük, yüzey parlaklık ve pandüllü yüzey sertlik testleri yapılmış ve ardından vernikleme işlemlerine geçilmiştir.

Deney örneklerini vernikleme işlemi ASTM-D 3023’de belirtilen esaslara uyularak yapılmıştır. Verniklerin uygulama şartlarına hazır hale getirilmesinde, çözücü ve sertleştirici karışım oranları katman performansını olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde ve üretici firmanın önerileri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Dolgu ve son kat vernik uygulamaları püskürtme-sis tabancası (Resim 4.4) ile örnek yüzeylerinden yaklaşık 20 cm yüksekte ve donanımlı bir cila atelyesinde gerçekleştirilmiştir.



Resim 4.4. Püskürtme-sis tabancası ile vernik uygulaması

Deney örnekleri yüzeylerine su bazlı dolgu verniği (Sd) uygulaması üretici firma önerisine göre ve yüzey pürüzlülük değerleri dikkate alınarak, 70 gr/m^2 hesabı ile birer saat aralıkla üç kat gerçekleştirilmiştir. 24 saat beklendikten sonra lif kabarmalarını gidermek ve yüzey düzgünlüğünü sağlamak için 280 kum zımpara ile örnek yüzeyleri zımparalanıp tozları yumuşak kıllı bir fırça ile alınmıştır. Daha sonra dolgu verniği uygulanan deney örneklerinin yarısına tek bileşenli su bazlı (Tbs) son kat vernik diğer yarısında çift bileşenli su bazlı (Çbs) son kat vernik uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Tek bileşenli su bazlı son kat vernik uygulaması üretici firma önerisi dikkate alınarak ve katı madde miktarına göre 65 gr/m^2 hesabı ile birer saat aralıkla üç kat; çift bileşenli su bazlı son kat vernik uygulaması ise yine üretici firma önerisi dikkate alınarak ve katı madde miktarına göre, 75 gr/m^2 hesabı ile bir saat aralıkla iki kat gerçekleştirilmiştir. Vernik katmanlarında tam kurumanın gerçekleşmesi için deney örnekleri yer düzlemine paralel konumda ve oda sıcaklığında üç hafta süre ile bekletilmiştir.

4.3. Yöntem

4.3.1. Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranının belirlenmesi

Deney örnekleri sıcak preste teoriksel olarak iki farklı oranda (%20 ve %40) sıkıştırılmıştır. Ancak pres basıncının ortadan kalkmasından sonra, sıkıştırma nedeniyle deney örneklerinde oluşan iç gerilmelerin serbest kalmasından kaynaklanan anlık bir geri esneme (spring-back) olmuştur. Buna ilaveten sıkıştırma işleminde sıcaklığının etkisi ile deney örneklerinde meydana gelen rutubet kayıpları, örneklerin $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem koşullarında iklimlendirilmesinden sonra ayrıca bir geri esnemeye yol açmıştır. Bunun sonucunda, presleme aşamasında uygulanan teoriksel sıkıştırma oranlarında değişimler (azalma) meydana gelmiştir.

Deney örnekleri, sıkıştırma öncesinde ve sonrasında $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem koşullarındaki iklimlendirme kabini içinde kütleleri değişmez oluncaya kadar bekletilmiştir. Bu durumdaki kalınlıkları dijital kumpas ile ölçülerek ($\pm 0,01 \text{ mm}$ hassasiyetinde) belirlenmiş ve yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubette elde edilen sıkıştırma oranları “Eşitlik 4.1”e göre hesaplanmıştır [Navi ve Girardet, 2000; Welzbacher ve ark., 2008; Dubey, 2010].

$$SO = \left(\frac{K_1 - K_3}{K_1} \right) \times 100 \quad (4.1)$$

Burada;

SO = Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı (%)

K₁ = Sıkıştırma öncesi hava kurusu rutubetteki kalınlık (mm)

K₃ = Sıkıştırma sonrası hava kurusu rutubetteki kalınlık (mm)

4.3.2. Geri esneme (spring-back) oranının belirlenmesi

Deney örneklerinin pres aşamasında basınç altındaki kalınlığı (metal stoplayıcı çita kalınlığı) ile presleme işlemi sonrası 20±2 °C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem koşullarında iklimlendirme sonrası kalınlıkları dijital kumpas ile ölçülerek (±0,01 mm hassasiyetinde) belirlenmiş ve deney örneklerindeki geri esneme (spring-back) oranları “Eşitlik 4.2”ye göre hesaplanmıştır.

$$GEO = \left(\frac{K_3 - K_2}{K_2} \right) \times 100 \quad (4.2)$$

Burada;

GEO = Geri esneme oranı (%)

K₂ = Basınç altındaki kalınlık (mm) (metal stoplayıcı çita kalınlığı)

K₃ = Sıkıştırma sonrası hava kurusu rutubetteki kalınlık (mm)

4.3.3. Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranının belirlenmesi

Deney örneklerinin, sıkıştırma öncesi ve sonrası 20±2 °C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem koşullarında kondisyonlanması sonunda oluşan kalınlıkları orta noktalarından dijital kumpas ile ölçülerek (±0,01 mm hassasiyetinde) belirlenmiştir. Daha sonra örnekler, içerisinde 20±2 °C sıcaklıkta temiz su bulunan cam akvaryuma konmuş ve tamamen suya batmaları için üzerlerine tel kafes yerleştirilmiştir. Belli aralıklarla kap içerisinde karıştırma yapılarak örneklerin bulundukları konum değiştirilmiştir. Deney örnekleri 672 saat süre ile su içerisinde bekletilmiştir. Daha sonra sudan çıkarılan örneklerin üzerindeki fazla sular bir kağıt havlu yardımı ile alınmış ve ilk ölçüm

noktasından kalınlıklar tekrar ölçülmüştür. Belirlenen bu kalınlık değerleri kullanılarak, sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranları “Eşitlik 4.3”e göre hesaplanmıştır [Navi ve Girardet, 2000; Welzbacher ve ark., 2008; Dubey, 2010].

$$GDO = \left(\frac{K_4 - K_3}{K_1 - K_3} \right) \times 100 \quad (4.3)$$

Burada;

GDO = Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı (%)

K_1 = Sıkıştırma öncesi hava kurusu rutubetteki kalınlık (mm)

K_3 = Sıkıştırma sonrası hava kurusu rutubetteki kalınlık (mm)

K_4 = Suda bekletme testi sonrası kalınlık (mm)

4.3.4. Radyal sıkıştırma yönü şişme oranının belirlenmesi

Radyal sıkıştırma yönü şişme oranlarının belirlenmesi TS 4084 esaslarına uyularak yapılmıştır. Hazırlanan deney örnekleri öncelikle etüvde 103 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez ebatlara ve kütleye gelinceye kadar bekletilmiş ve dijital kumpas ile ($\pm 0,01$ mm hassasiyetinde) kalınlık (radyal) yönündeki ölçüleri orta noktalarından belirlenmiştir. Bu işlemden sonra örnekler, içerisinde 20 ± 2 °C sıcaklıkta temiz su bulunan cam akvaryuma konmuş ve tamamen suya batmaları için üzerlerine tel kafes yerleştirilmiştir. Belli aralıklarla kap içerisinde karıştırma yapılarak örneklerin bulundukları konum değiştirilmiştir. Bu şekildeki örnekler, kalınlık boyutları değişmez hale gelene kadar su içerisinde bekletilmiştir. Daha sonra sudan çıkarılan örneklerin üzerindeki fazla sular bir kağıt havlu yardımı ile alınmış ve ilk ölçüm noktasından kalınlıklar tekrar ölçülmüştür. Belirlenen kalınlık değerleri kullanılarak, sıkıştırma (radyal) yönündeki maksimum şişme oranları “Eşitlik 4.4”e göre hesaplanmıştır.

$$\alpha_k = \left(\frac{L_R - L_0}{L_0} \right) \times 100 \quad (4.4)$$

Burada;

α_k = Sıkıştırma yönü şişme oranı (%)

L_0 = Tam kuru haldeki kalınlık (mm)

L_R = Suda bekletme sonrası kalınlık (mm)



Resim 4.5. Deney örneklerinin su içerisinde bekletilmesi

4.3.5. Hava kurusu yoğunluğun belirlenmesi

Hava kurusu yoğunluk ölçümleri TS 2472 esaslarına uyularak yapılmıştır. Hazırlanan deney örnekleri 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme kabini içinde değişmez kütleye ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Bu durumdaki örneklerin kütleleri (M_{12}) $\pm 0,01$ gr hassasiyetindeki analitik terazide tartılmış, boyutları (uzunluk, genişlik, kalınlık) ise dijital kumpas ile ölçülerek ($\pm 0,01$ mm hassasiyetinde) hacimleri (V_{12}) belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler kullanılarak, hava kurusu yoğunluklar “Eşitlik 4.5”e göre hesaplanmıştır.

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \quad (4.5)$$

Burada;

δ_{12} = Hava kurusu yoğunluk (g/cm^3)

M_{12} = Hava kurusu kütle (g)

V_{12} = Hava kurusu hacim (cm^3)



Resim 4.6. Örneklerin 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nem şartlarında kondisyonlanması

4.3.6. Liflere paralel basınç direncinin belirlenmesi

Liflere paralel basınç direncinin belirlenmesi TS 2595 esaslarına uyularak yapılmıştır. Hazırlanan deney örnekleri 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nemdeki iklimlendirme kabini içinde değişmez kütleye ulaşınca kadar bekletilmiş ve ardından liflere paralel basınç direnci deneyi yapılmıştır. Deneylerden önce örneklerin orta kısımlarından kalınlık ve genişlikleri dijital kumpas ile ölçülerek ($\pm 0,01$ mm hassasiyetinde) kaydedilmiştir. Üniversal test cihazının yükleme hızı, örneklerdeki ezilmenin yükleme anından itibaren 1,5-2 dak. içerisinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Deney sonunda ezilme anındaki maksimum kuvvet Newton (N) cinsinden kaydedilmiş ve liflere paralel basınç direnci “Eşitlik 4.6”ya göre hesaplanmıştır.

$$\sigma_b = \frac{F_{\max}}{a.b} \quad (4.6)$$

Burada;

σ_b = Liflere paralel basınç direnci (N/mm^2)

$F_{\max}$ = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

a = Deney örneğinin genişliği (mm)

b = Deney örneğinin kalınlığı (mm)



Resim 4.7. Liflere paralel basınç direnci testi

Liflere paralel basınç direnci deneyinin ardından deney örneklerinin rutubetleri hesaplanmış ve rutubet değerleri %12'den farklı olan örneklerin basınç direnci “Eşitlik 4.7”den yararlanılarak %12’ye dönüştürülmüştür.

$$\sigma_{b(12)} = \sigma_{b(r)} [1 + 0,05(r - 12)] \quad (4.7)$$

Burada;

$\sigma_{b(12)}$ = %12 rutubetteki liflere paralel basınç direnci (N/mm²)

$\sigma_{b(r)}$ = %r rutubetteki (ölçülen) liflere paralel basınç direnci (N/mm²)

r = Deney anındaki örnek rutubeti (%)

4.3.7. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi

Eğilme direncinin belirlenmesi TS 2474 esaslarına uyularak yapılmıştır. Hazırlanan deney örnekleri 20±2 °C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemdeki iklimlendirme kabini içinde değişmez kütleye ulaşmaya kadar bekletilmiş ve ardından eğilme direnci deneyi yapılmıştır. Deneylerden önce örneklerin orta kısımlarından kalınlık ve genişlikleri dijital kumpas ile ölçülerek (±0,01 mm hassasiyetinde) kaydedilmiştir. Üniversal test cihazının yükleme hızı, örneklerdeki kırılmanın yükleme anından itibaren 1,5±0,5 dak. içerisinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Deney sonunda kırılma anındaki maksimum kuvvet Newton (N) cinsinden kaydedilmiş ve eğilme direnci “Eşitlik 4.8”e göre hesaplanmıştır.

$$\sigma_e = \frac{3.F_{\max} \cdot L_s}{2.a.b^2} \quad (4.8)$$

Burada;

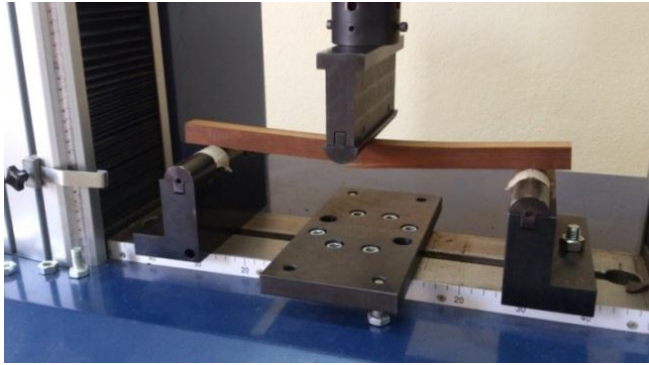
σ_e = Eğilme direnci (N/mm²)

$F_{\max}$ = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

L_s = Dayanak açıklığı (mm)

a = Deney örneğinin genişliği (mm)

b = Deney örneğinin kalınlığı (mm)



Resim 4.8. Statik eğilme direnci testi

Eğilme direnci deneyinin ardından deney örneklerinin kırılma bölgelerine yakın yerlerinden alınan numunelerle rutubetleri hesaplanmış ve rutubet değerleri %12'den farklı olan örneklerin eğilme direnci "Eşitlik 4.9"dan yararlanılarak %12'ye dönüştürülmüştür.

$$\sigma_{e(12)} = \sigma_{e(r)} [1 + 0,04(r - 12)] \quad (4.9)$$

Burada;

$\sigma_{e(12)}$ = %12 rutubetteki eğilme direnci (N/mm²)

$\sigma_{e(r)}$ = %r rutubetteki (ölçülen) eğilme direnci (N/mm²)

r = Deney anındaki örnek rutubeti (%)

Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesinde, eğilme direncinin belirlenmesinde kullanılan deney örneklerinden yararlanılmış ve testler TS 2478 esaslarına uyularak yapılmıştır. Eğilmede elastikiyet modülü, elastikiyet deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı (Δ_F) için örnekteki eğilme miktarları farkı (Δ_f) yardımı ile “Eşitlik 4.10”a göre hesaplanmıştır.

$$Em = \frac{\Delta_F \cdot L_s^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \Delta_f} \quad (4.10)$$

Burada;

- Em = Elastikiyet modülü (N/mm^2)
- Δ_F = Elastikiyet bölgesindeki kuvvet farkı (N)
- L_s = Dayanak açıklığı (mm)
- b = Deney örneğinin genişliği (mm)
- h = Deney örneğinin yüksekliği (mm)
- Δ_f = Eğilme miktarı (mm)

Elastikiyet modülü deneyinin ardından rutubet değerleri %12’den farklı olan örneklerin elastikiyet modülü “Eşitlik 4.11”den yararlanılarak %12’ye dönüştürülmüştür.

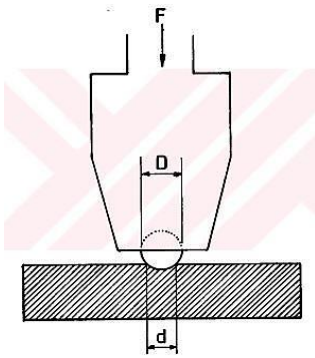
$$Em_{(12)} = Em_{(r)} [1 + 0,02(r - 12)] \quad (4.11)$$

Burada;

- $Em_{(12)}$ = %12 rutubetteki elastikiyet modülü (N/mm^2)
- $Em_{(r)}$ = %r rutubetteki (ölçülen) elastikiyet modülü (N/mm^2)
- r = Deney anındaki örnek rutubeti (%)

4.3.8. Brinell sertliğin belirlenmesi

Radyal yön (teğet yüzey) ve teğet yöndeki (radyal yüzey) Brinell sertlik değeri belirlenmesi TS 2479 esaslarına uyularak yapılmıştır. Hazırlanan deney örnekleri 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemdeki iklimlendirme kabini değişmez kütleye ulaşınca kadar bekletilmiş ve ardından Brinell sertlik testleri yapılmıştır. Brinell sertlik testinin prensibi Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Brinell sertlik testi [Söğütü, 1998]

Kuvvet uygulama kolunun ucunda bulunan 10 mm çapındaki (D) yarım küre (çelik bilye) örnek yüzeyinin ortasına gelecek şekilde ayarlandıktan sonra 30 saniye süreyle yük uygulanmıştır. Yük 15 saniyede sıfıra indirilerek, çelik kürenin örnek yüzeyinde açtığı çukurun çapı (d) $\pm 0,01$ mm hassasiyetindeki dijital kumpas ile büyüteç kullanılarak ölçülmüştür (Resim 4.9). Brinell sertlik değeri “Eşitlik 4.12”ye göre hesaplanmıştır.

$$HB = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (4.12)$$

Burada;

HB = Brinell sertlik değeri (N/mm²)

F = Uygulanan kuvvet (N)

d = Çelik bilyenin deney örneği yüzeyinde açtığı çukurun çapı (mm)

D = Çelik bilyenin çapı (mm)



Resim 4.9. Brinell sertlik deneyi ve çukur çaplarının ölçülmesi

Brinell sertlik deneyinin ardından deney örneklerinin rutubetleri hesaplanmış ve rutubet değerleri %12'den farklı olan örneklerin sertlik değerleri "Eşitlik 4.13"den yararlanılarak %12'ye dönüştürülmüştür.

$$HB_{(12)} = HB_{(r)} [1 + 0,025(r - 12)] \quad (4.13)$$

Burada;

$HB_{(12)}$ = %12 rutubetteki Brinell sertlik değeri (N/mm^2)

$HB_{(r)}$ = %r rutubetteki (ölçülen) Brinell sertlik değeri (N/mm^2)

r = Deney anındaki örnek rutubeti (%)

4.3.9. Verniklerde katı madde miktarının belirlenmesi

Katı madde miktarının belirlenme amacı; deney numunesi yüzeylerinde eşit kalınlıkta katman hazırlayabilmek için verniklerin katman yapma özelliğini tespit etmektir. Bu maksatla, deney örneği yüzeylerinin kaplanmasında kullanılan vernikler TS EN ISO 3251 esaslarına uygun olarak, önceden darası alınan 75 ± 5 mm'lik konkav saat camına $5 \pm 0,2$ g olacak şekilde damlalık ile konularak tartılmış ardından $60^\circ C$ 'ye ayarlanmış etüvde sabit kütleye gelinceye kadar bekletilmiştir. Bu süre sonunda yeniden tartımları yapılmıştır. Elde edilen değerler kullanılarak katı madde miktarı "Eşitlik 4.14"e göre hesaplanmıştır [Sönmez, 1989].

$$V_u = G - D \quad \quad \quad \zeta_b = G - E$$

$$\% K_m = \frac{V_u - \zeta_b}{V_u} \times 100 \quad (4.14)$$

Burada;

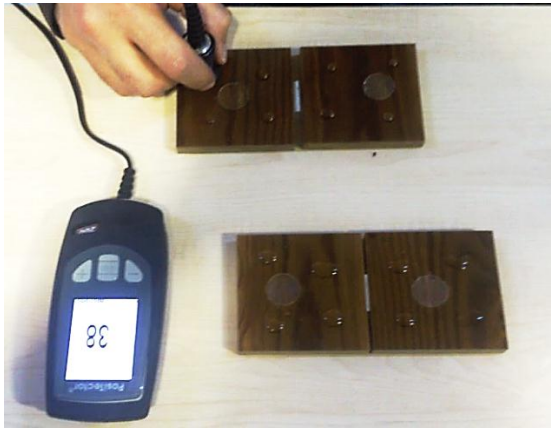
V_u = Uygulanan vernik G = Yaş ağırlık (g)

ζ_b = Buharlaşan çözücü D = Dara (g)

K_m = Katı madde E = Kuru ağırlık (g)

4.3.10. Verniklerde kuru katman (film) kalınlığının belirlenmesi

Karşılaştırmalı testlerde vernik katman kalınlıkları etkili bir faktördür. Deney örnekleri yüzeylerine uygulanıp tam kuruması gerçekleşen verniklerin kuru katman kalınlıkları; ASTM D6132-13 ve TS EN ISO 2808 esaslarına uyularak, yüksek frekanslı ses dalgaları (ultrasonik) ile tahribatsız ölçüm yapabilen ($\pm 2 \mu\text{m} + \%3$ hassasiyetinde) *PosiTector-200* isimli cihaz ile ölçülmüştür (Resim 4.10).



Resim 4.10. Kuru katman (film) kalınlığı ölçümü

Ölçümlerden önce cihaza ait kalibrasyon kontrol levhasında deneme ölçümleri alınarak ölçüm hassasiyeti kontrol edilmiştir. Ölçümler örnek yüzeylerinin dört farklı bölgesinden alınmış ve elde edilen bu değerlerin aritmetik ortalaması tek değer olarak kaydedilmiştir.



Resim 4.11. Yüzey pürüzlülük ölçümü

Ölçme hassasiyetinin sürekliliği için her bir işlem grubu ölçümlerinden sonra, cihaza ait kalibrasyon levhasında kontrol ölçümleri yapılmıştır.

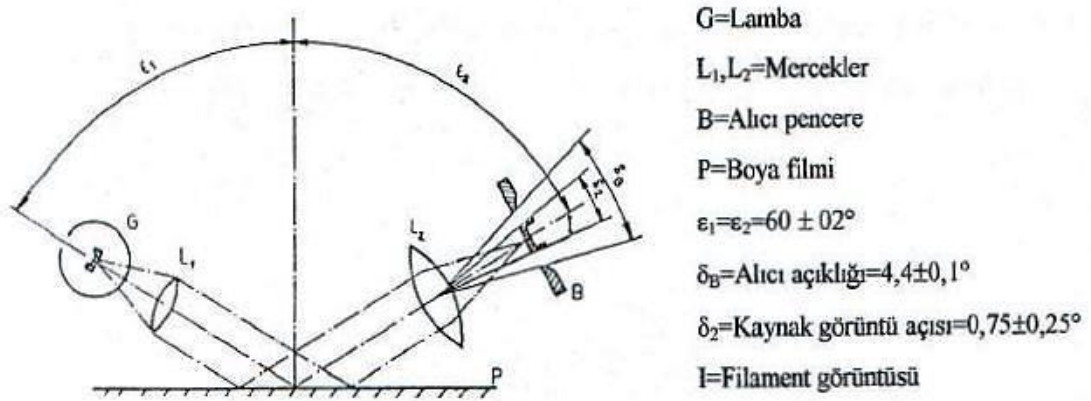
4.3.12. Yüzey parlaklığının belirlenmesi

Parlaklık ölçümleri TS 4318 EN ISO 2813 esaslarına uyularak parlaklık ölçer (Gloss-metre) ile yapılmıştır. Ölçümler vernikleme öncesi ve sonrasında her bir yüzey için liflere dik ve liflere paralel olacak şekilde yapılmış ve aritmetik ortalamaları tek değer olarak kaydedilmiştir. Deney örneklerinde vernikleme öncesi ve sonrası aynı bölgeden ölçüm alınabilmesi ve cihazının örnek yüzeyindeki konumunu ayarlayabilmek için ölçümler Resim 4.12’de gösterilen kalıp yardımı ile gerçekleştirilmiştir.



Resim 4.12. Yüzey parlaklık ölçümü

Deney cihazı, bir ışık kaynağı ile paralel veya birbirine yaklaşan ışık demetini deney alanına yönelten mercek sistemi, fotosel ve yansıyan ışık konisini alan alıcıdan meydana gelmiştir (Şekil 4.4).

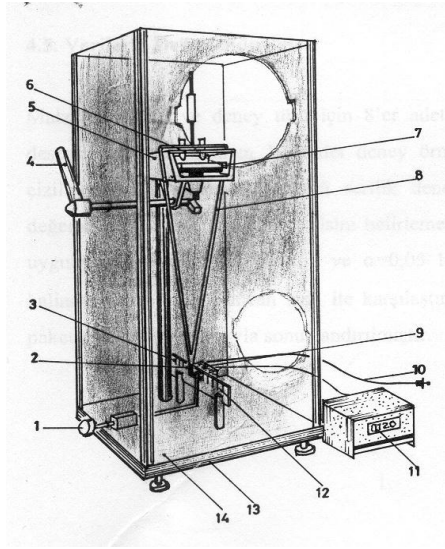


Şekil 4.4. Gloss-metre ölçüm prensibi [Sönmez, 1989]

Boya ve vernik katmanlarının parlaklığı tespit edilirken 20° mat katmanların, 60° hem mat hem de parlak katmanların, 85° ise çok parlak katmanların yüzey parlaklığını belirlemek için kullanılmaktadır [Sönmez, 1989]. Ölçümler $60 \pm 2^\circ$ de ölçüm yapan parlaklık ölçme cihazı ile yapılmış ve cihaz her grup ölçümünden önce iyi cilalanmış, düzgün yüzeyli, kırılma indisi 1,567 olan ve parlaklığı her geometri için 100 olarak belirlenmiş siyah cam ile kalibre edilmiştir.

4.3.13. Pandüllü (salınımsal) yüzey sertliğinin belirlenmesi

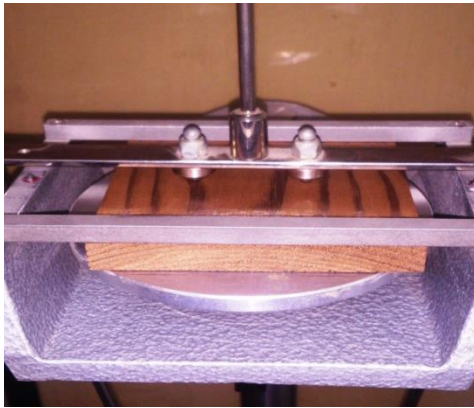
Vernik katmanlarının sertliği, mekanik etkenlere karşı dayanıklılığı belirleyen önemli bir faktördür. Bu çalışmada vernik katman sertlikleri, TS EN ISO 1522 esaslarına uyularak pandüllü sertlik ölçme cihazı (Şekil 4.5) ile König yöntemine göre belirlenmiştir.



1. Salıverme mili
2. Köning başlangıç noktası
3. Persözbaşlangıç noktası
4. Panel sıkma kolu
5. Panel tutucu platformu
6. Panel stoplayıcı
7. Panel
8. Pandül
9. Fotosel
10. Salıverme teli
11. Otomatik sayıcı
12. Skala
13. Taban
14. Koruyucu muhafaza

Şekil 4.5. Pandüllü sertlik ölçüm cihazı [Söğütlü, 1998]

Deney numunesi yüzeylerinde, $63 \pm 3,3$ HRC sertliğinde ve $5 \pm 0,0005$ mm çapında iki bilye ile salınım yapan $3^\circ - 6^\circ$ arasındaki pandül salınımlarına göre katman sertlikleri belirlenmiştir (Resim 4.13). Prensip olarak salınım sayısının fazla olduğu yüzeyler sert, az olduğu yüzeyler ise daha düşük sertliktedir.



Resim 4.13. Pandüllü yüzey sertlik ölçümü

4.3.14. Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direncinin belirlenmesi

Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci, TS EN ISO 4624 esaslarına uyularak pnomatik sistemle çalışan adezyon test cihazı (Resim 4.14) ile belirlenmiştir.



Resim 4.14. Adezyon test cihazı

Vernik uygulamalarından sonra deney örneği yüzeylerine Ø 20 mm’lik çekme silindirleri, özel kalıp yardımı ile oda sıcaklığında (20 ± 2 °C) yapıştırılmış ve 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır (Resim 4.15). Daha sonra deney silindiri çevresi kesici bir aparat yardımı ile ağaç malzeme yüzeyine kadar kesilerek, sadece silindirin yapışma yüzeyindeki katman kopartılmaya zorlanmıştır.



Resim 4.15. Deney silindirinin kalıp yardımı ile katmana yapıştırılması

Çalışma kapsamı gereği deney örneklerinde teğet yüzey ile çalışıldığı için ölçümlerin hassasiyeti bakımından, deney silindirlerinin vernikli örnek yüzeylerine yapıştırılmasında ilkbahar ve yaz odunu dengelemesine dikkat edilmiştir (Resim 4.16).



Resim 4.16. Deney silindirinin ilkbahar ve yaz odunu dengelemesine dikkat edilerek yapıştırılması

Adezyon cihazında örnekler yüzeye yapıştırılan silindirlerden çekilerek katman kopartılmış ve kopma anındaki kuvvet kaydedilmiştir. TS EN ISO 4624 esaslarına göre çekme gerilmesinin 1 MPa/s’den fazla olmayan sabit bir hızla arttırılmasına ve deneyin 90 saniye içerisinde tamamlanmasına özen gösterilmiştir.

Yapışma direnci (X) ölçümleri “Eşitlik 4.3”e göre hesaplanmıştır.

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

Burada;

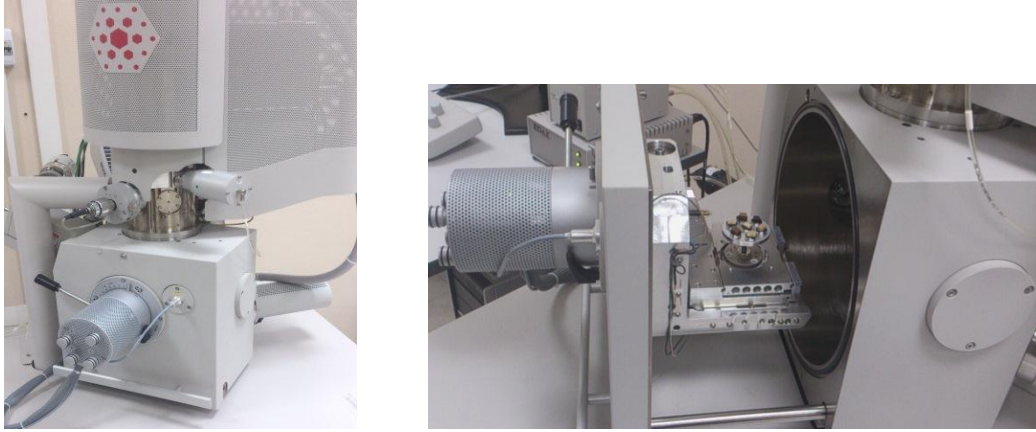
F = Kopma anındaki kuvvet, (Newton)

d = Deney silindirinin çapı, (mm)

Deney silindirlerinin vernikli yüzeye yapıştırılmasında TS EN ISO 4624 esaslarına göre çift bileşenli, akrilik esaslı, vernik katmanları üzerinde çözücü etkisi olmayan ve yüksek yapışma gücüne sahip “Penloc-GTT” marka yapıştırıcı 150±10 g/m² hesabı ile kullanılmıştır.

4.3.15. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi

Yoğunlaştırılmış ve ısıtılmış örnekler ile kontrol (işlemsiz) örneklerindeki SEM görüntüleme işlemleri, FEI Quanta FEG 250 marka-model cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Görüntüleme işlemlerinde sarıçam ve Doğu kayını örneklerinin enine kesitinden alınan numuneler kullanılmış ve değişik ölçeklerde detaylı olarak görüntülenmiştir.



Resim 4.17. SEM görüntüleme cihazı ve numunelerin cihaza yerleştirilmesi

4.4. Verilerin Değerlendirilmesi

İstatistiksel değerlendirmelerde, MSTAT-C paket programı kullanılmıştır. İşlem grupları ile kontrol grupları arasında çoklu varyans analizleri (ANOVA) yapılmış ve elde edilen verilerde gruplar arası fark önemli çıktığında, Duncan testi sonuçları ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerin birbirleri arasındaki farklılıkları, en küçük önemli fark (LSD) kritik değerine göre homojenlik gruplarına ayrılarak belirlenmiştir.

5. BULGULAR VE VERİ ANALİZİ

5.1. Fiziksel Özellikler

Termo-mekanik (TM) yöntemle farklı sıcaklık ve oranlarda sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış sarıçam ve Doğu kayınında hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı ile yoğunlaştırma sonrası değişik sıcaklıklarda ısıtıl işlem uygulamasından sonra geri esneme (spring-back) oranı, suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı, radyal sıkıştırma yönündeki şişme oranı, ve hava kurusu yoğunluklara ait fiziksel özellikler bu bölümde verilmiştir.

5.1.1. Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı

Yoğunlaştırılmış deney örneklerinden elde edilen hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranlarına ait ortalama değerler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranları (%)

Ağaç türü	Yoğunlaştırma	Sıkıştırma öncesi kalınlık (mm)	Presleme kalınlığı (mm)	Sıkıştırma sonrası kalınlık (mm)	Sıkıştırma oranı (%)	St.S
Sarıçam	110 °C / %20	25,0	20,0	20,89	16,44	0,21
	110 °C / %40	33,3	20,0	22,42	32,73	0,97
	150 °C / %20	25,0	20,0	21,13	15,49	1,31
	150 °C / %40	33,3	20,0	23,00	31,01	2,02
Doğu kayını	110 °C / %20	25,0	20,0	21,67	13,34	0,94
	110 °C / %40	33,3	20,0	23,02	30,93	0,91
	150 °C / %20	25,0	20,0	22,33	10,67	1,46
	150 °C / %40	33,3	20,0	24,12	27,63	1,23

St.S: Standart sapma

Ağaç türü ve yoğunlaştırma ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranlarına ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	$P \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	215,037	215,037	168,0838	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	3	5599,315	1866,438	1458,9034	0,0000*
Etkileşim (AB)	3	22,983	7,661	5,9881	0,0011*
Hata	72	92,113	1,279		
Toplam	79	5929,447			

*: 0,05'e göre önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı üzerinde ağaç türü ve yoğunlaştırma etkisi ile bunların karşılıklı etkileşimi önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü ve yoğunlaştırma düzeyinde, yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Ağaç türü düzeyinde yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	23,92	A*
Doğu kayını	20,64	B
LSD: $\pm 0,5041$		

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

Çizelgeye göre; yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı, sarıçam örneklerinde yüksek (%23,92), Doğu kayını örneklerinde daha düşük (%20,64) elde edilmiştir.

Çizelge 5.4. Yoğunlaştırma düzeyinde yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
110 °C / %20	14,89	C
110 °C / %40	31,83	A*
150 °C / %20	13,08	D
150 °C / %40	29,32	B
LSD: $\pm 0,7129$		

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

Çizelgeye göre; yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (%31,83), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örneklerinde (%13,08) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.5'te verilmiştir.

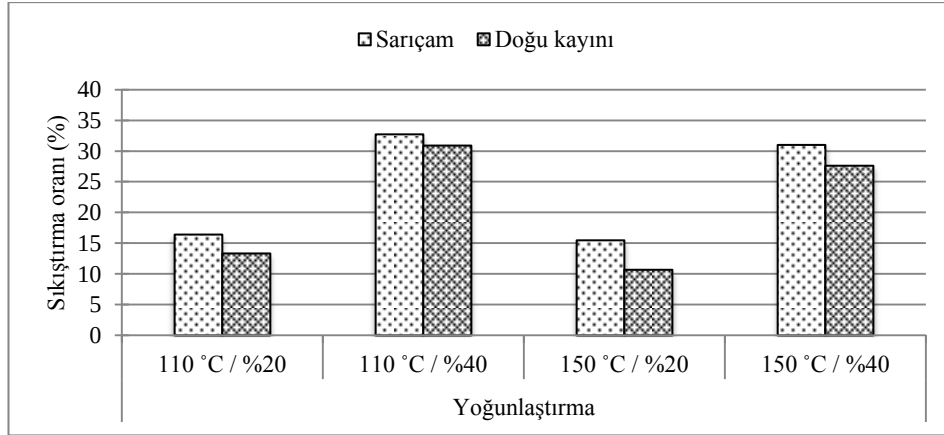
Çizelge 5.5. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
110 °C / %20	16,44	D	13,34	E
110 °C / %40	32,73	A*	30,93	B
150 °C / %20	15,49	D	10,67	F
150 °C / %40	31,01	B	27,63	C
LSD: $\pm 1,0080$				

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

Çizelgeye göre; yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan sarıçam örneklerinde (%32,73), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (%10,67) elde edilmiştir.

Sarıçam ve Doğu kayınında yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranlarının karşılaştırmalı görünümü Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Sarıçam ve Doğu kayınında yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranlarının karşılaştırmalı görünümü

5.1.2. Geri esneme (spring-back) oranı

Deney örneklerinden elde edilen hava kurusu rutubetteki geri esneme oranı değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Geri esneme oranı değerlerine ait aritmetik ortalamalar (%)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
110 °C / %20	Knt2	4,450	0,24	8,328	1,11
	190	2,517	0,59	7,714	0,52
	200	1,150	0,62	6,157	0,54
	210	1,025	0,11	3,867	1,01
110 °C / %40	Knt2	12,119	1,43	15,111	1,43
	190	8,925	1,98	14,430	0,94
	200	6,319	1,38	11,550	0,66
	210	4,344	1,45	7,229	2,16
150 °C / %20	Knt2	5,639	1,54	11,667	1,72
	190	4,029	1,62	10,093	0,90
	200	2,072	1,13	8,479	1,08
	210	1,642	0,76	6,200	0,91
150 °C / %40	Knt2	14,981	2,97	20,611	1,93
	190	11,385	1,01	19,380	1,29
	200	7,090	2,50	16,763	1,24
	210	5,317	1,44	13,858	1,50

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt2: Isıl işlemsiz

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, geri esneme oranı üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Geri esneme oranlarına ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	2443,735	2443,735	1670,3484	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	3	4075,990	1358,663	928,6772	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	1750,934	583,645	398,9343	0,0000*
Etkileşim (AB)	3	190,638	63,546	43,4351	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	60,341	20,114	13,7481	0,0000*
Etkileşim (BC)	9	171,213	19,024	13,0031	0,0000*
Etkileşim (ABC)	9	40,784	4,532	3,0974	0,0014*
Hata	288	421,347	1,463		
Toplam	319	9154,982			

*: 0,05’e göre önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, geri esneme oranı üzerinde ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı etkisi ile bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı düzeyinde, geri esneme oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.8, Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10’da verilmiştir.

Çizelge 5.8. Ağaç türü düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	5,812	B
Doğu kayını	11,339	A*
LSD: ± 0,2662		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek geri esneme oranı

Çizelgeye göre; geri esneme oranı, Doğu kayını örneklerinde yüksek (%11,339), sarıçam örneklerinde daha düşük (%5,812) elde edilmiştir.

Çizelge 5.9. Yoğunlaştırma düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
110 °C / %20	4,402	D
110 °C / %40	10,003	B
150 °C / %20	6,227	C
150 °C / %40	13,672	A*
LSD: $\pm 0,3764$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri esneme oranı

Çizelgeye göre; geri esneme oranı, en yüksek 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (%13,672), en düşük 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örneklerinde (%4,402) elde edilmiştir.

Çizelge 5.10. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	11,613	A*
190	9,809	B
200	7,448	C
210	5,434	D
LSD: $\pm 0,3764$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri esneme oranı, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; geri esneme oranı, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (%11,613), en düşük ise 210 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (%5,434) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, geri esneme oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
110 °C / %20	2,286	H	6,517	F
110 °C / %40	7,926	E	12,080	B
150 °C / %20	3,345	G	9,109	D
150 °C / %40	9,693	C	17,651	A*
LSD: $\pm 0,5323$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri esneme oranı

Çizelgeye göre; geri esneme oranı, en yüksek 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (%17,651), en düşük ise 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan sarıçam örneklerinde (%2,286) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, geri esneme oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Ağaç türü- ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	9,298	D	13,929	A*
190	6,715	F	12,902	B
200	4,158	G	10,737	C
210	3,080	H	7,789	E
LSD: $\pm 0,5323$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri esneme oranı, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; geri esneme oranı, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (%13,929), en düşük ise 210 °C ısıl işlemli sarıçam örneklerinde (%3,080) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, geri esneme oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
110 °C / %20	6,390	GH	5,114	I	3,655	J	2,448	K
110 °C / %40	13,615	C	11,677	D	8,935	EF	5,785	HI
150 °C / %20	8,652	F	7,060	G	5,275	I	3,920	J
150 °C / %40	17,795	A*	15,382	B	11,925	D	9,585	E
LSD: $\pm 0,7528$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri esneme oranı, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; geri esneme oranı, en yüksek 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtma işlemsiz) deney örneklerinde (%17,795), en düşük ise 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 210 °C ısıtma işlemli deney örneklerinde (%2,448) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde, geri esneme oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.14’de verilmiştir.

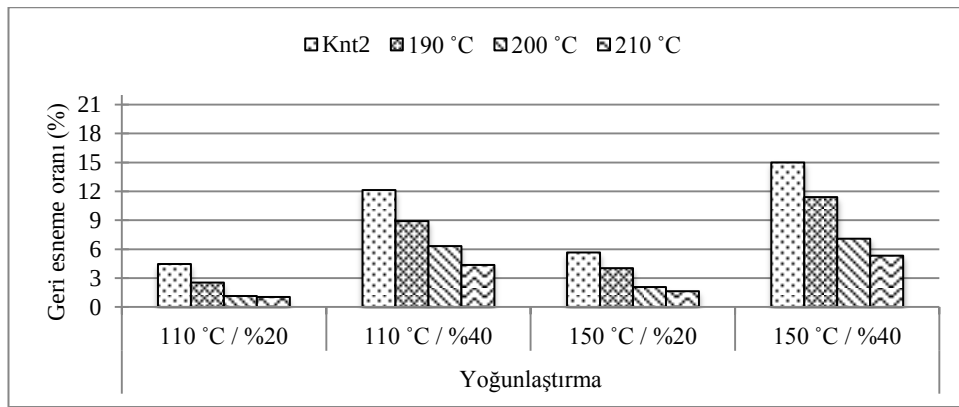
Çizelge 5.14. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde geri esneme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
110 °C / %20	Knt2	4,450	NO	8,328	HI
	190	2,517	P	7,714	IJ
	200	1,150	Q	6,157	LM
	210	1,025	Q	3,867	O
110 °C / %40	Knt2	12,119	F	15,111	D
	190	8,925	H	14,430	DE
	200	6,319	K-M	11,550	F
	210	4,344	NO	7,229	JK
150 °C / %20	Knt2	5,639	M	11,667	F
	190	4,029	O	10,093	G
	200	2,072	PQ	8,479	HI
	210	1,642	PQ	6,200	K-M
150 °C / %40	Knt2	14,981	D	20,611	A*
	190	11,385	F	19,380	B
	200	7,090	J-L	16,763	C
	210	5,317	MN	13,858	E
LSD: $\pm 1,0650$					

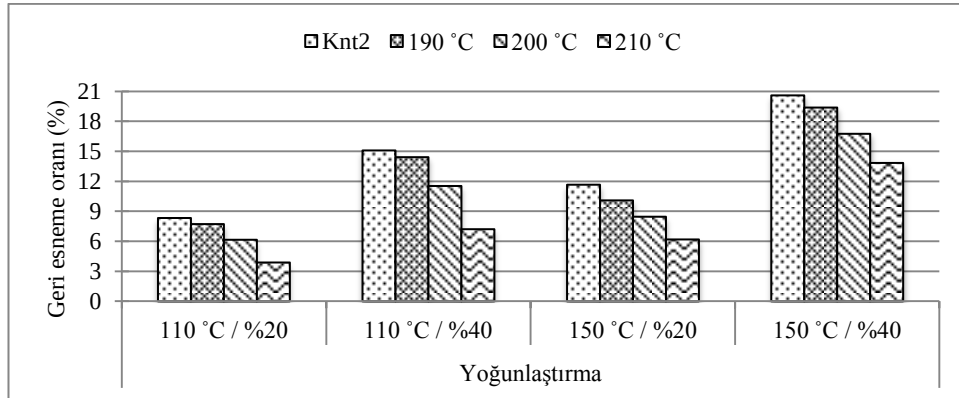
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri esneme oranı, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; geri esneme oranı, en yüksek 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (%20,611), en düşük ise 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 210 °C ısıl işlemli sarıçam örneklerinde (%1,025) elde edilmiştir.

Sarıçam ve Doğu kayınında geri esneme oranlarının karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Sarıçamda geri esneme oranlarının karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.3. Doğu kayınında geri esneme oranlarının karşılaştırmalı görünümü

5.1.3. Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı

Deney örneklerinden elde edilen, suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.15’de verilmiştir.

Çizelge 5.15. Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait aritmetik ortalamalar (%)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
110 °C / %20	Knt2	110,64	5,39	101,11	4,26
	190	35,21	4,71	37,34	3,05
	200	27,84	2,76	22,16	2,33
	210	17,54	1,98	16,60	1,48
110 °C / %40	Knt2	88,88	2,14	80,91	2,29
	190	35,67	2,91	32,71	2,09
	200	26,39	3,03	16,39	1,37
	210	18,80	2,49	10,70	0,58
150 °C / %20	Knt2	103,67	5,13	102,62	4,28
	190	44,04	3,15	45,67	1,54
	200	30,09	3,65	29,66	2,71
	210	22,77	3,42	20,29	2,33
150 °C / %40	Knt2	84,71	5,98	89,30	3,56
	190	32,40	3,15	39,49	2,80
	200	21,65	1,72	18,35	2,69
	210	15,26	1,09	14,15	1,68

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt2: Isıl işlemsiz

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranlarına ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	453,747	453,747	46,3289	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	3	6848,706	2282,902	233,0911	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	302977,707	100992,569	10311,6428	0,0000*
Etkileşim (AB)	3	917,912	305,971	31,2405	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	538,123	179,374	18,3147	0,0000*
Etkileşim (BC)	9	3316,042	368,449	37,6198	0,0000*
Etkileşim (ABC)	9	390,062	43,340	4,4252	0,0000*
Hata	288	2820,681	9,794		
Toplam	319	318262,981			

*= 0,05’e göre önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı üzerinde ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı etkisi ile bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı düzeyinde, suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.17, Çizelge 5.18 ve Çizelge 5.19’de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Ağaç türü düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	44,72	A*
Doğu kayını	42,34	B
LSD: $\pm 0,6887$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri dönüş oranı

Çizelgeye göre; suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı, sarıçamda yüksek (%44,72), Doğu kayınında daha düşük (%42,34) elde edilmiştir.

Çizelge 5.18. Yoğunlaştırma düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
110 °C / %20	46,05	B
110 °C / %40	38,81	C
150 °C / %20	49,85	A*
150 °C / %40	39,41	C
LSD: $\pm 0,9739$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri dönüş oranı

Çizelgeye göre; suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı, en yüksek 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örneklerinde (%49,85), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örnekleri (%38,81) ile 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (%39,41) elde edilmiştir.

Çizelge 5.19. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	95,23	A*
190	37,82	B
200	24,07	C
210	17,01	D
LSD: $\pm 0,9739$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri dönüş oranı, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (%95,23), en düşük ise 210 °C ısıl işlemlili deney örneklerinde (%17,01) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.20’de verilmiştir.

Çizelge 5.20. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
110 °C / %20	47,81	B	44,30	C
110 °C / %40	42,43	D	35,18	G
150 °C / %20	50,14	A*	49,56	A*
150 °C / %40	38,50	F	40,32	E
LSD: $\pm 1,3770$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri dönüş oranı

Çizelgeye göre; suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan sarıçam örnekleri (%50,14) ile 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (%49,56), en düşük ise 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (%35,18) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.21. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	96,97	A*	93,48	B
190	36,83	D	38,80	C
200	26,49	E	21,64	F
210	18,59	G	15,44	H
LSD: $\pm 1,3770$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri dönüş oranı, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) sarıçam örneklerinde (%96,97), en düşük ise 210 °C ısıl işlemli Doğu kayını örneklerinde (%15,44) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.22’de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
110 °C / %20	105,87	A*	36,28	F	25,00	I	17,07	K
110 °C / %40	84,89	D	34,19	G	21,39	J	14,75	L
150 °C / %20	103,14	B	44,86	E	29,88	H	21,53	J
150 °C / %40	87,00	C	35,95	FG	20,00	J	14,71	L
LSD: $\pm 1,948$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek geri dönüş oranı, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) deney

örneklerinde (%105,87), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 210 °C ısıtılmış deney örnekleri (%14,71) ile 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 210 °C ısıtılmış deney örneklerinde (%14,75) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde, suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.23’de verilmiştir.

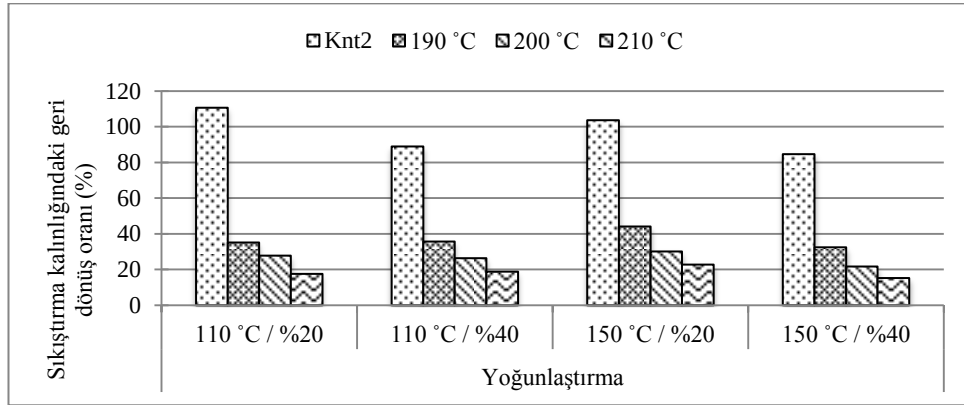
Çizelge 5.23. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıtılmış işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
110 °C / %20	Knt2	110,64	A*	101,11	B
	190	35,21	HI	37,34	GH
	200	27,84	LM	22,16	N
	210	17,54	O-Q	16,60	P-R
110 °C / %40	Knt2	88,88	C	80,91	E
	190	35,67	H	32,71	IJ
	200	26,39	M	16,39	P-R
	210	18,80	OP	10,70	S
150 °C / %20	Knt2	103,67	B	102,62	B
	190	44,04	F	45,67	F
	200	30,09	J-L	29,66	KL
	210	22,77	N	20,29	NO
150 °C / %40	Knt2	84,71	D	89,30	C
	190	32,40	JK	39,49	G
	200	21,65	N	18,35	OP
	210	15,26	QR	14,15	R
LSD: $\pm 2,755$					

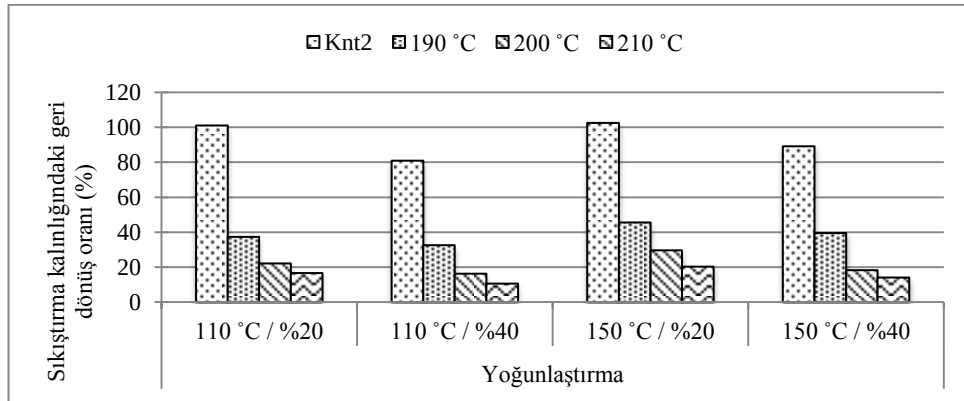
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek geri dönüş oranı, Knt2: Isıtılmış işlemsiz

Çizelgeye göre; suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Knt2 (ısıtılmış işlemsiz) sarıçam örneklerinde (%110,64), en düşük ise 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 210 °C ısıtılmış işlemli Doğu kayını örneklerinde (%10,70) elde edilmiştir.

Sarıçam ve Doğu kayınında suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranlarının karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.4. Sarıçamda suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranlarının karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.5. Doğu kayınında suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranlarının karşılaştırmalı görünümü

5.1.4. Radyal sıkıştırma yönü şişme oranı

Deney örneklerinden elde edilen radyal sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.24’de verilmiştir.

Çizelge 5.24. Sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait aritmetik ortalamalar (%)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	4,837	0,75	6,423	0,19
	190	4,113	0,56	5,082	0,56
	200	3,411	0,59	4,272	0,33
	210	3,174	0,22	3,302	0,31
110 °C / %20	Knt2	24,103	1,17	17,652	1,62
	190	9,661	0,83	8,150	0,24
	200	7,933	0,83	5,780	0,40
	210	5,897	0,36	4,861	0,26
110 °C / %40	Knt2	46,034	2,66	40,061	1,93
	190	20,717	1,12	18,062	1,04
	200	15,542	1,13	10,283	0,71
	210	12,546	1,18	7,556	0,38
150 °C / %20	Knt2	21,265	1,57	13,748	2,35
	190	11,538	0,64	8,007	0,93
	200	8,068	0,49	5,579	0,39
	210	6,659	0,80	5,220	0,31
150 °C / %40	Knt2	40,742	3,75	35,053	1,49
	190	17,354	1,67	17,219	1,18
	200	13,471	1,23	10,042	0,92
	210	10,233	0,80	7,934	0,33

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, sıkıştırma yönü şişme oranı üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.25’de verilmiştir.

Çizelge 5.25. Sıkıştırma yönü şişme oranlarına ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	702,568	702,568	484,1484	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	15694,244	3923,561	2703,7749	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	20483,756	6827,919	4705,2038	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	361,151	90,288	62,2184	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	170,975	56,992	39,2737	0,0000*
Etkileşim (BC)	12	7921,133	660,094	454,8793	0,0000*
Etkileşim (ABC)	12	144,144	12,012	8,2776	0,0000*
Hata	360	522,411	1,451		
Toplam	399	46000,383			

*= 0,05’e göre önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, sıkıştırma yönü şişme oranı üzerinde ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı etkisi ile bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı düzeyinde, sıkıştırma yönü şişme oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.26, Çizelge 5.27 ve Çizelge 5.28’da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Ağaç türü düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	14,365	A*
Doğu kayını	11,714	B
LSD: $\pm 0,2369$		

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

Çizelgeye göre; sıkıştırma yönü şişme oranı, sarıçam örneklerinde yüksek (%14,365), Doğu kayını örneklerinde daha düşük (%11,714) elde edilmiştir.

Çizelge 5.27. Yoğunlaştırma düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	4,327	E
110 °C / %20	10,505	C
110 °C / %40	21,350	A*
150 °C / %20	10,010	D
150 °C / %40	19,006	B
LSD: $\pm 0,3746$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek şişme oranı, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; sıkıştırma yönü şişme oranı, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (%21,350), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde (%4,327) elde edilmiştir.

Çizelge 5.28. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	24,992	A*
190	11,990	B
200	8,438	C
210	6,738	D
LSD: $\pm 0,3350$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek şişme oranı, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; sıkıştırma yönü şişme oranı, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (%24,992), en düşük ise 210 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (%6,738) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, sıkıştırma yönü şişme oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.29’da verilmiştir.

Çizelge 5.29. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	3,884	I	4,770	H
110 °C / %20	11,899	E	9,111	F
110 °C / %40	23,710	A*	18,991	C
150 °C / %20	11,882	E	8,138	G
150 °C / %40	20,450	B	17,562	D
LSD: $\pm 0,5297$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek şişme oranı, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; sıkıştırma yönü şişme oranı, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan sarıçam örneklerinde (%23,710), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) sarıçam örneklerinde (%3,884) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, sıkıştırma yönü şişme oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.30’da verilmiştir.

Çizelge 5.30. Ağaç türü-ısırl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	27,396	A*	22,587	B
190	12,677	C	11,304	D
200	9,685	E	7,191	G
210	7,702	F	5,775	H
LSD: $\pm 0,4738$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek şişme oranı, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; sıkıştırma yönü şişme oranı, en yüksek Knt2 (ısırl işlemsiz) sarıçam örneklerinde (%27,396), en düşük ise 210 °C ısırl işlemli Doğu kayını örneklerinde (%5,775) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısırl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, sıkıştırma yönü şişme oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.31’de verilmiştir.

Çizelge 5.31. Yoğunlaştırma-ısırl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	5,630	L	4,598	M	3,841	N	3,238	N
110 °C / %20	20,877	C	8,906	J	6,857	K	5,379	L
110 °C / %40	43,048	A*	19,389	D	12,913	F	10,051	H
150 °C / %20	17,506	E	9,773	HI	6,824	K	5,939	L
150 °C / %40	37,898	B	17,287	E	11,757	G	9,083	IJ
LSD: $\pm 0,7491$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek şişme oranı, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; sıkıştırma yönü şişme oranı, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısırl işlemsiz) deney örneklerinde (%43,048), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısırl işlemli deney örneklerinde (%3,238) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde, sıkıştırma yönü şişme oranı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.32’de verilmiştir.

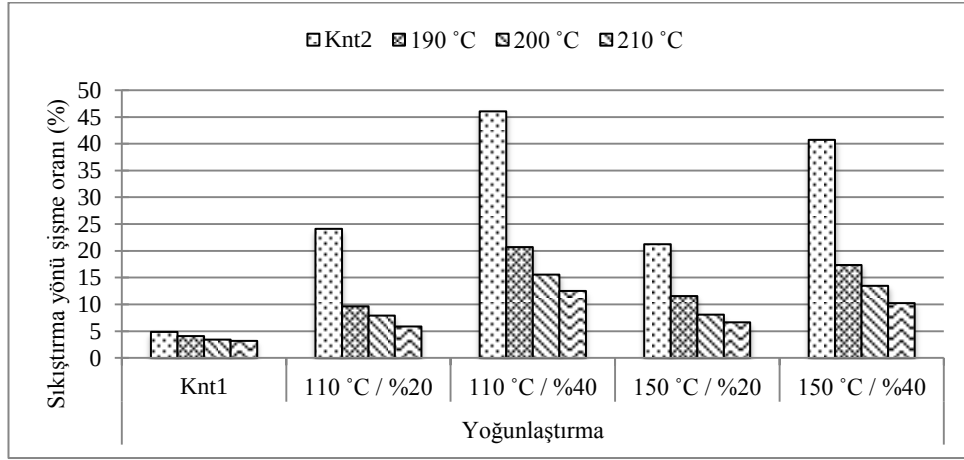
Çizelge 5.32. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde sıkıştırma yönü şişme oranı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	4,837	Q-S	6,423	NO
	190	4,113	S-U	5,082	P-S
	200	3,411	TU	4,272	R-T
	210	3,174	U	3,302	TU
110 °C / %20	Knt2	24,103	D	17,652	F
	190	9,661	K	8,150	L
	200	7,933	L	5,780	N-Q
	210	5,897	N-P	4,861	P-S
110 °C / %40	Knt2	46,034	A*	40,061	B
	190	20,717	E	18,062	F
	200	15,542	G	10,283	K
	210	12,546	IJ	7,556	LM
150 °C / %20	Knt2	21,265	E	13,748	H
	190	11,538	J	8,007	L
	200	8,068	L	5,579	O-Q
	210	6,659	MN	5,220	P-R
150 °C / %40	Knt2	40,742	B	35,053	C
	190	17,354	F	17,219	F
	200	13,471	HI	10,042	K
	210	10,233	K	7,934	L
LSD: $\pm 1,0590$					

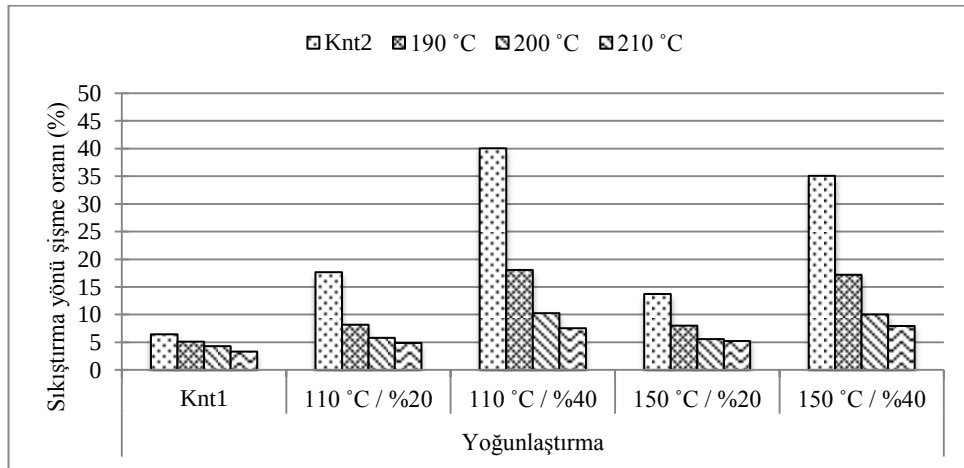
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek şişme oranı, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; sıkıştırma yönü şişme oranı, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) sarıçam örneklerinde (%46,034), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıl işlemli sarıçam örneklerinde (%3,174) elde edilmiştir.

Sarıçam ve Doğu kayınında sıkıştırma yönü şişme oranlarının karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.6. Sarıçamda sıkıştırma yönü şişme oranlarının karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.7. Doğu kayınında sıkıştırma yönü şişme oranlarının karşılaştırmalı görünümü

5.1.5. Hava kuruşu yoğunluk

Deney örneklerinden elde edilen hava kuruşu yoğunluk değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.33’de verilmiştir.

Çizelge 5.33. Hava kurusu yoğunluk değerlerine ait aritmetik ortalamalar (g/cm³)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Kntl	Knt2	0,561	0,03	0,688	0,03
	190	0,540	0,01	0,664	0,01
	200	0,529	0,01	0,644	0,00
	210	0,521	0,01	0,631	0,03
110 °C / %20	Knt2	0,636	0,04	0,781	0,02
	190	0,623	0,04	0,755	0,03
	200	0,616	0,01	0,749	0,02
	210	0,600	0,02	0,727	0,02
110 °C / %40	Knt2	0,771	0,03	0,906	0,04
	190	0,763	0,02	0,891	0,03
	200	0,766	0,04	0,874	0,03
	210	0,757	0,05	0,866	0,04
150 °C / %20	Knt2	0,612	0,03	0,754	0,03
	190	0,609	0,03	0,729	0,03
	200	0,594	0,02	0,719	0,04
	210	0,584	0,03	0,715	0,03
150 °C / %40	Knt2	0,746	0,05	0,844	0,03
	190	0,736	0,04	0,833	0,03
	200	0,742	0,03	0,841	0,04
	210	0,738	0,06	0,832	0,04

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Kntl: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, hava kurusu yoğunluk değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.34’de verilmiştir.

Çizelge 5.34. Hava kurusu yoğunluk değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	1,440	1,440	1785,6934	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	2,776	0,694	860,4523	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	0,057	0,019	23,6143	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	0,017	0,004	5,1976	0,0004*
Etkileşim (AC)	3	0,003	0,001	1,3198	0,2676Ns
Etkileşim (BC)	12	0,013	0,001	1,3280	0,2002Ns
Etkileşim (ABC)	12	0,002	0,000	0,2424	-----Ns
Hata	360	0,290	0,001		
Toplam	399	4,600			

*= 0,05’e göre önemli Ns: Önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, hava kurusu yoğunluk değerleri üzerinde ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı etkisi ile ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi önemli, ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı ve yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimleri ile ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi önemsiz bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı düzeyinde, hava kurusu yoğunluk değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.35, Çizelge 5.36 ve Çizelge 5.37’de verilmiştir.

Çizelge 5.35. Ağaç türü düzeyinde hava kurusu yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	0,652	B
Doğu kayını	0,772	A*
LSD: $\pm 0,0062$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek hava kurusu yoğunluk değeri

Çizelgeye göre; hava kurusu yoğunluk değeri, Doğu kayını örneklerinde yüksek ($0,772 \text{ g/cm}^3$), sarıçam örneklerinde daha düşük ($0,652 \text{ g/cm}^3$) elde edilmiştir.

Çizelge 5.36. Yoğunlaştırma düzeyinde hava kurusu yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	0,597	E
110 °C / %20	0,686	C
110 °C / %40	0,824	A*
150 °C / %20	0,665	D
150 °C / %40	0,789	B
LSD: $\pm 0,0098$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek hava kurusu yoğunluk değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; hava kurusu yoğunluk değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde ($0,824 \text{ g/cm}^3$), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde ($0,597 \text{ g/cm}^3$) elde edilmiştir.

Çizelge 5.37. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde hava kurusu yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	0,730	A*
190	0,714	B
200	0,707	B
210	0,697	C
LSD: $\pm 0,0088$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek hava kurusu yoğunluk değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; hava kurusu yoğunluk değeri, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (0,730 g/cm³), en düşük ise 210 °C ısıl işlemlili deney örneklerinde (0,697 g/cm³) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, hava kurusu yoğunluk değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.38’de verilmiştir.

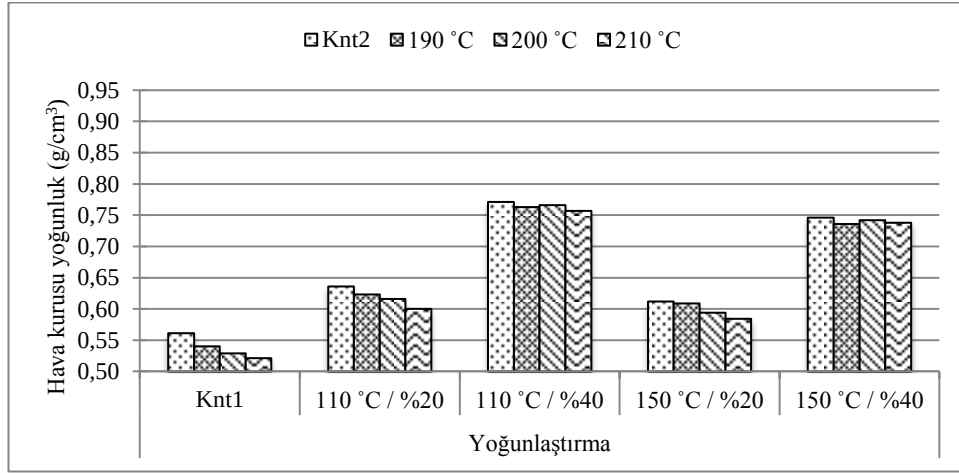
Çizelge 5.38. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde hava kurusu yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	0,538	I	0,657	F
110 °C / %20	0,618	G	0,753	CD
110 °C / %40	0,764	C	0,884	A*
150 °C / %20	0,600	H	0,729	E
150 °C / %40	0,741	DE	0,837	B
LSD: $\pm 0,0139$				

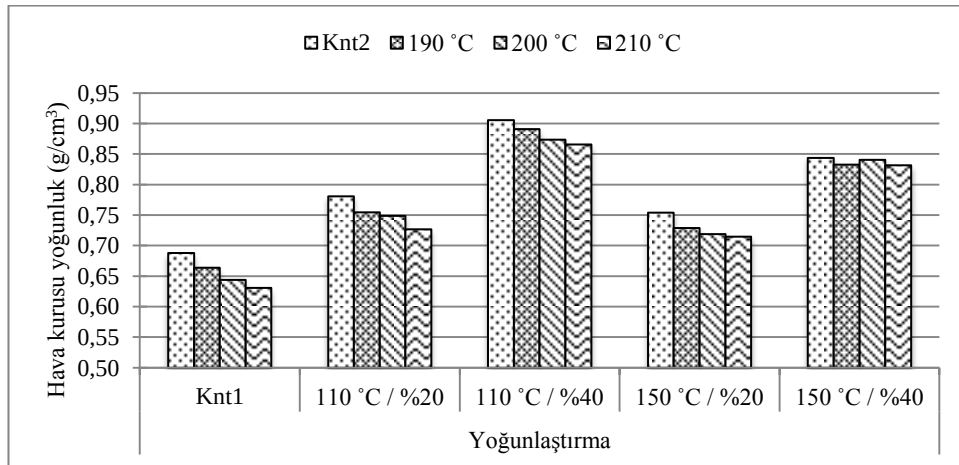
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek hava kurusu yoğunluk değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; hava kurusu yoğunluk değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (0,884 g/cm³), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) sarıçam örneklerinde (0,538 g/cm³) elde edilmiştir.

Sarıçam ve Doğu kayınında hava kurusu yoğunluk değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’da verilmiştir.



Şekil 5.8. Sariçamda hava kuru yoğunluk değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.9. Doğu kayınında hava kuru yoğunluk değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

5.2. Mekanik Özellikler

Termo-mekanik (TM) yöntemle farklı sıcaklık ve oranlarda sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış ve değişik sıcaklıklarda ısıtma işlemi uygulanmış sarıçam ve Doğu kayınında liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülüne ait mekanik özellikler bu bölümde verilmiştir.

5.2.1. Liflere paralel basınç direnci

Deney örneklerinden elde edilen liflere paralel basınç direnci değerlerine ait

aritmetik ortalamalar Çizelge 5.39’da verilmiştir.

Çizelge 5.39. Liflere paralel basınç direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar (N/mm²)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	48,93	1,59	60,46	1,94
	190	45,38	1,09	52,51	2,21
	200	43,99	1,18	49,82	1,26
	210	42,49	0,91	48,21	2,16
110 °C / %20	Knt2	54,59	1,82	64,44	2,14
	190	52,87	2,07	62,65	2,86
	200	53,09	2,28	59,22	2,14
	210	51,13	1,83	57,50	1,76
110 °C / %40	Knt2	65,92	1,58	77,08	1,77
	190	60,98	1,59	72,30	1,18
	200	63,59	2,30	69,02	1,60
	210	61,00	2,10	67,81	1,90
150 °C / %20	Knt2	53,21	2,10	63,08	2,51
	190	50,66	1,90	61,63	1,59
	200	52,88	2,10	57,11	1,99
	210	50,63	2,33	55,78	2,28
150 °C / %40	Knt2	61,74	1,29	69,94	1,62
	190	57,38	1,86	67,16	2,46
	200	61,50	1,91	64,33	2,05
	210	59,23	2,36	63,46	1,95

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıl işlem sıcaklığı ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, liflere paralel basınç direnci değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.40’da verilmiştir.

Çizelge 5.40. Liflere paralel basınç direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	5800,040	5800,040	1549,2058	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	15869,445	3967,361	1059,6924	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	2059,281	686,427	183,3465	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	62,940	15,735	4,2029	0,0024*
Etkileşim (AC)	3	557,242	185,747	49,6136	0,0000*
Etkileşim (BC)	12	273,244	22,770	6,0820	0,0000*
Etkileşim (ABC)	12	82,827	6,902	1,8436	0,0402*
Hata	360	1347,797	3,744		
Toplam	399	26052,816			

*= 0,05’e göre önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, liflere paralel basınç direnci değerleri üzerinde ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı etkisi ile bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı düzeyinde, liflere paralel basınç direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.41, Çizelge 5.42 ve Çizelge 5.43’de verilmiştir.

Çizelge 5.41. Ağaç türü düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	54,56	B
Doğu kayını	62,18	A*
LSD: $\pm 0,3805$		

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

Çizelgeye göre; liflere paralel basınç direnci değeri, Doğu kayını örneklerinde yüksek ($62,18 \text{ N/mm}^2$), sarıçam örneklerinde daha düşük ($54,56 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir.

Çizelge 5.42. Yoğunlaştırma düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	48,97	E
110 °C / %20	56,94	C
110 °C / %40	67,21	A*
150 °C / %20	55,62	D
150 °C / %40	63,09	B
LSD: $\pm 0,6017$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek basınç direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; liflere paralel basınç direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde ($67,21 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde ($48,97 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir.

Çizelge 5.43. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	61,94	A*
190	58,35	B
200	57,46	C
210	55,72	D
LSD: $\pm 0,5381$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek basınç direnci değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; liflere paralel basınç direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (61,94 N/mm²), en düşük ise 210 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (55,72 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, liflere paralel basınç direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.44’de verilmiştir.

Çizelge 5.44. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	45,20	H	52,75	F
110 °C / %20	52,92	F	60,95	D
110 °C / %40	62,87	C	71,55	A*
150 °C / %20	51,84	G	59,40	E
150 °C / %40	59,96	E	66,22	B
LSD: $\pm 0,8509$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek basınç direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; liflere paralel basınç direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (71,55 N/mm²), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) sarıçam örneklerinde (45,20 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, liflere paralel basınç direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.45’de verilmiştir.

Çizelge 5.45. Ağaç türü-ısıtım sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	56,88	E	67,00	A*
190	53,46	G	63,25	B
200	55,01	F	59,90	C
210	52,89	G	58,55	D
LSD: $\pm 0,7610$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek basınç direnci değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; liflere paralel basınç direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıtım işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (67,00 N/mm²), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 210 °C ısıtım işlemli sarıçam örnekleri (52,89 N/mm²) ile 190 °C ısıtım işlemli sarıçam örneklerinde (52,89 N/mm²) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtım sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, liflere paralel basınç direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.46'da verilmiştir.

Çizelge 5.46. Yoğunlaştırma-ısıtım sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	54,70	I	48,95	K	46,90	L	45,35	M
110 °C / %20	59,52	F	57,76	G	56,16	H	54,32	IJ
110 °C / %40	71,50	A*	66,64	B	66,31	B	64,40	C
150 °C / %20	58,15	G	56,15	H	55,00	HI	53,20	J
150 °C / %40	65,84	B	62,27	DE	62,92	D	61,34	E
LSD: $\pm 1,2030$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek basınç direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; liflere paralel basınç direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtım işlemsiz) deney örneklerinde (71,50 N/mm²), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtım işlemli deney örneklerinde (45,35 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde, liflere paralel basınç direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.47’de verilmiştir.

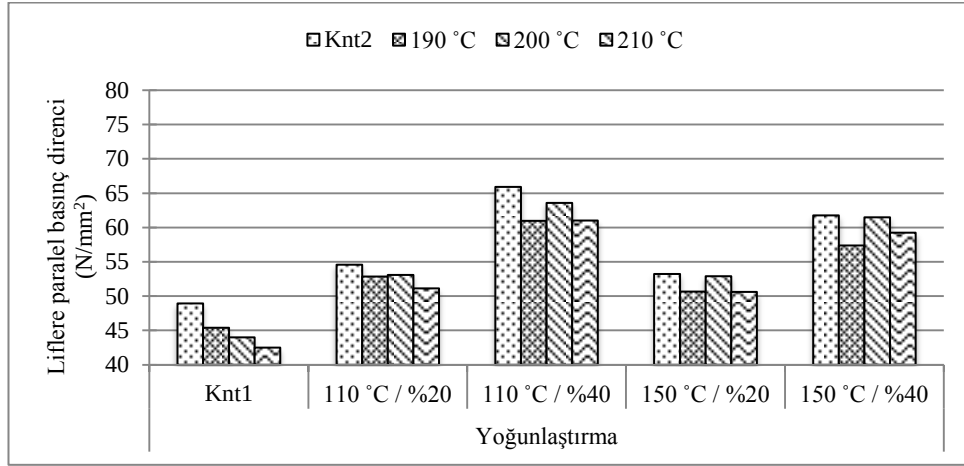
Çizelge 5.47. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	48,93	UV	60,46	LM
	190	45,38	W	52,51	RS
	200	43,99	WX	49,82	T-V
	210	42,49	X	48,21	V
110 °C / %20	Knt2	54,59	PQ	64,44	GH
	190	52,87	R	62,65	I-K
	200	53,09	QR	59,22	M
	210	51,13	ST	57,50	N
110 °C / %40	Knt2	65,92	FG	77,08	A*
	190	60,98	KL	72,30	B
	200	63,59	HI	69,02	CD
	210	61,00	KL	67,81	DE
150 °C / %20	Knt2	53,21	QR	63,08	H-J
	190	50,66	T	61,63	J-L
	200	52,88	R	57,11	NO
	210	50,63	TU	55,78	OP
150 °C / %40	Knt2	61,74	J-L	69,94	C
	190	57,38	NO	67,16	EF
	200	61,50	J-L	64,33	G-I
	210	59,23	M	63,46	HI
LSD: $\pm 1,7020$					

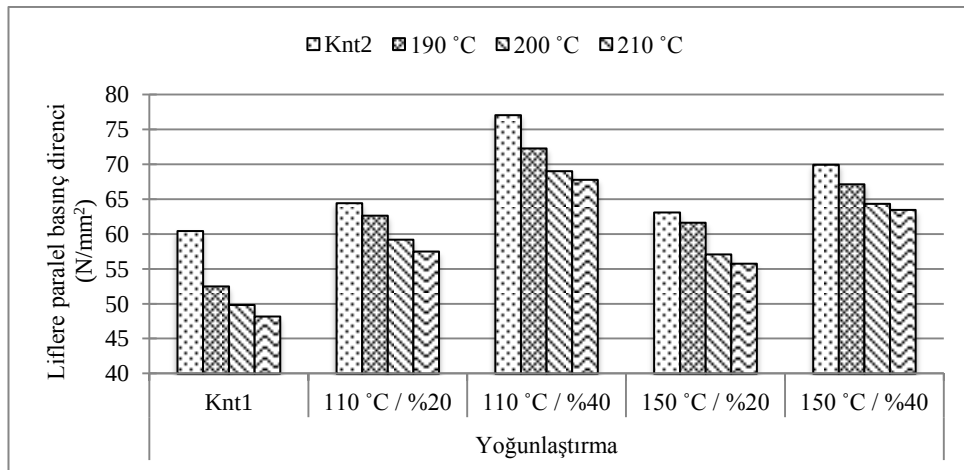
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek basınç direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; liflere paralel basınç direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (77,08 N/mm²), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıl işlemli sarıçam örneklerinde (42,49 N/mm²) elde edilmiştir.

Sarıçam ve Doğu kayınında liflere paralel basınç direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de verilmiştir.



Şekil 5.10. Sarıçamda liflere paralel basınç direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.11. Doğu kayınında liflere paralel basınç direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

5.2.2. Eğilme direnci

Deney örneklerinden elde edilen eğilme direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.48’de verilmiştir.

Çizelge 5.48. Eğilme direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar (N/mm²)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	95,61	3,15	125,25	4,86
	190	86,63	2,65	105,54	6,42
	200	76,18	4,33	93,49	6,01
	210	65,35	4,18	76,35	5,14
110 °C / %20	Knt2	105,52	4,57	138,99	5,27
	190	99,32	4,73	128,31	5,34
	200	84,16	4,63	112,47	7,04
	210	65,70	4,86	77,25	4,93
110 °C / %40	Knt2	128,51	5,44	157,80	6,12
	190	119,37	5,88	144,22	6,07
	200	98,57	6,07	123,95	7,29
	210	88,35	6,38	103,56	5,79
150 °C / %20	Knt2	94,11	4,00	132,27	4,34
	190	87,31	3,57	123,24	5,91
	200	79,95	4,88	109,77	6,06
	210	61,88	5,23	72,81	5,57
150 °C / %40	Knt2	115,51	5,43	144,04	5,17
	190	107,86	7,52	133,40	6,91
	200	94,83	5,97	116,29	6,76
	210	86,35	5,55	92,39	7,73

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, eğilme direnci değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.49’da verilmiştir.

Çizelge 5.49. Eğilme direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	55304,225	55304,225	2081,2835	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	47406,641	11851,660	446,0177	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	113132,157	37710,719	1419,1809	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	1189,884	297,471	11,1948	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	5970,472	1990,157	74,8963	0,0000*
Etkileşim (BC)	12	3118,068	259,839	9,7786	0,0000*
Etkileşim (ABC)	12	649,584	54,132	2,0372	0,0205*
Hata	360	9565,982	26,572		
Toplam	399	236337,013			

*= 0,05’e göre önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, eğilme direnci değerleri üzerinde ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı etkisi ile bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı düzeyinde, eğilme direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.50, Çizelge 5.51 ve Çizelge 5.52’de verilmiştir.

Çizelge 5.50. Ağaç türü düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	92,05	B
Doğu kayını	115,57	A*
LSD: $\pm 1,0140$		

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

Çizelgeye göre; eğilme direnci değeri, Doğu kayını örneklerinde yüksek (115,57 N/mm²), sarıçam örneklerinde daha düşük (92,05 N/mm²) elde edilmiştir.

Çizelge 5.51. Yoğunlaştırma düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	90,55	E
110 °C / %20	101,47	C
110 °C / %40	120,54	A*
150 °C / %20	95,17	D
150 °C / %40	111,33	B
LSD: $\pm 1,6030$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilme direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; eğilme direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (120,54 N/mm²), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde (90,55 N/mm²) elde edilmiştir.

Çizelge 5.52. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	123,76	A*
190	113,52	B
200	98,97	C
210	79,00	D
LSD: $\pm 1,4340$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilme direnci değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; eğilme direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (123,76 N/mm²), en düşük ise 210 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (79,00 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, eğilme direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.53’de verilmiştir.

Çizelge 5.53. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	80,94	G	100,16	E
110 °C / %20	88,67	F	114,26	C
110 °C / %40	108,70	D	132,38	A*
150 °C / %20	80,81	G	109,52	D
150 °C / %40	101,14	E	121,53	B
LSD: $\pm 2,2670$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilme direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; eğilme direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (132,38 N/mm²), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan sarıçam örnekleri (80,81 N/mm²) ile Knt1 (yoğunlaştırılmamış) sarıçam örneklerinde (80,94 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıtım işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, eğilme direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.54’de verilmiştir.

Çizelge 5.54. Ağaç türü-ısıtım işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	107,85	D	139,67	A*
190	100,10	E	126,94	B
200	86,74	F	111,19	C
210	73,52	H	84,47	G
LSD: $\pm 2,0270$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilme direnci değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; eğilme direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıtım işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (139,67 N/mm²), en düşük ise 210 °C ısıtım işlemli sarıçam örneklerinde (73,52 N/mm²) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtım işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, eğilme direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.55’de verilmiştir.

Çizelge 5.55. Yoğunlaştırma-ısıtım işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	110,43	E	96,08	GH	84,83	J	70,85	K
110 °C / %20	122,26	C	113,81	D	98,32	G	71,47	K
110 °C / %40	143,15	A*	131,79	B	111,26	DE	95,96	GH
150 °C / %20	113,19	DE	105,28	F	94,86	H	67,34	L
150 °C / %40	129,77	B	120,63	C	105,56	F	89,37	I
LSD: $\pm 3,2060$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilme direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; eğilme direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (143,15 N/mm²), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 210 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (67,34 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde, eğilme direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.56'da verilmiştir.

Çizelge 5.56. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde eğilme direnci değerlerine ait homojenlik grupları

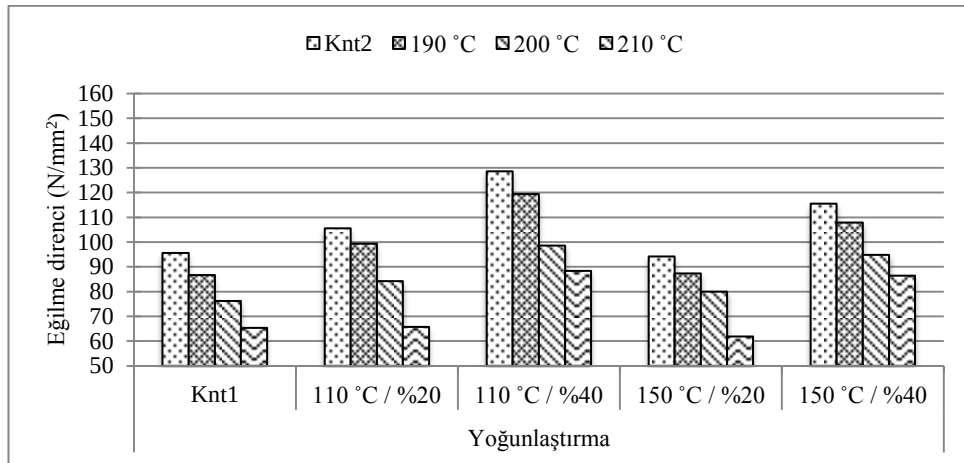
Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	95,61	P-R	125,25	F-H
	190	86,63	T	105,54	MN
	200	76,18	VW	93,49	R
	210	65,35	X	76,35	VW
110 °C / %20	Knt2	105,52	MN	138,99	C
	190	99,32	OP	128,31	E-G
	200	84,16	TU	112,47	KL
	210	65,70	X	77,25	VW
110 °C / %40	Knt2	128,51	EF	157,80	A*
	190	119,37	IJ	144,22	B
	200	98,57	PQ	123,95	GH
	210	88,35	ST	103,56	NO
150 °C / %20	Knt2	94,11	QR	132,27	DE
	190	87,31	T	123,24	HI
	200	79,95	UV	109,77	LM
	210	61,88	X	72,81	W
150 °C / %40	Knt2	115,51	JK	144,04	B
	190	107,86	MN	133,40	D
	200	94,83	P-R	116,29	JK
	210	86,35	T	92,39	RS
LSD: $\pm 4,5340$					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilme direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

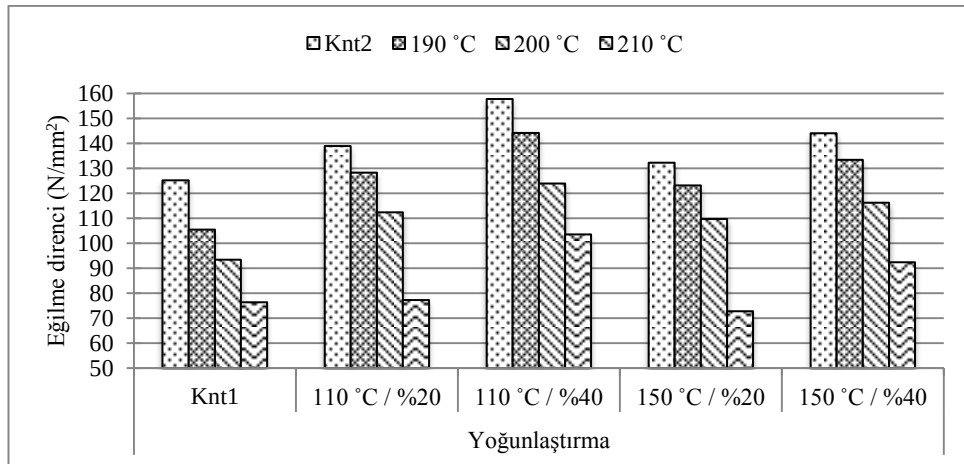
Çizelgeye göre; eğilme direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (157,80 N/mm²), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 210 °C ısıl işlemli sarıçam örnekleri (61,88 N/mm²), Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210

°C ısıtılmalı sarıçam örnekleri ($65,35 \text{ N/mm}^2$) ve 110°C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 210°C ısıtılmalı sarıçam örneklerinde ($65,70 \text{ N/mm}^2$), elde edilmiştir.

Sarıçam ve Doğu kayınında eğilme direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.12 ve Şekil 5.13’de verilmiştir.



Şekil 5.12. Sarıçamda eğilme direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.13. Doğu kayınında eğilme direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

5.2.3. Eğilmede elastikiyet modülü

Deney örneklerinden elde edilen eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.57’de verilmiştir.

Çizelge 5.57. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait aritmetik ortalamalar (N/mm^2)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	10057	568,3	13089	407,1
	190	9799	601,8	12371	396,8
	200	9180	781,1	11784	367,9
	210	8393	380,9	10707	201,8
110 $^{\circ}\text{C}$ / %20	Knt2	10327	438,8	13649	769,5
	190	10250	551,9	13638	396,9
	200	9890	675,1	12948	540,3
	210	9131	410,0	12053	257,7
110 $^{\circ}\text{C}$ / %40	Knt2	12674	824,6	15700	571,1
	190	12211	689,6	15622	624,7
	200	11577	757,0	14566	689,4
	210	10903	842,9	13754	699,6
150 $^{\circ}\text{C}$ / %20	Knt2	10081	594,9	13225	535,2
	190	9902	522,3	13017	549,7
	200	9455	459,0	12305	532,0
	210	8689	507,1	11773	515,7
150 $^{\circ}\text{C}$ / %40	Knt2	11785	531,9	15154	285,3
	190	11454	685,2	15012	625,6
	200	10995	619,4	14460	512,6
	210	10597	568,8	13134	627,6

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.58’de verilmiştir.

Çizelge 5.58. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	$P \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	918399086,01	918399086,01	5900,6413	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	433713631,51	108428407,877	696,6439	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	164337329,01	54779109,670	351,9514	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	4454116,440	1113529,110	7,1543	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	3460563,290	1153521,097	7,4113	0,0001*
Etkileşim (BC)	12	4174450,890	347870,908	2,2350	0,0100*
Etkileşim (ABC)	12	3036661,560	253055,130	1,6259	0,0824Ns
Hata	360	56031819,600	155643,943		
Toplam	399	1587607658,31			

*= 0,05’e göre önemli Ns: Önemli değil

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerinde ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı düzeyinde, eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.59, Çizelge 5.60 ve Çizelge 5.61’de verilmiştir.

Çizelge 5.59. Ağaç türü düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	10368	B
Doğu kayını	13398	A*
LSD: $\pm 77,58$		

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

Çizelgeye göre; eğilmede elastikiyet modülü değeri, Doğu kayını örneklerinde yüksek (13398 N/mm^2), sarıçam örneklerinde daha düşük (10368 N/mm^2) elde edilmiştir.

Çizelge 5.60. Yoğunlaştırma düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	10672	E
110 °C / %20	11485	C
110 °C / %40	13376	A*
150 °C / %20	11056	D
150 °C / %40	12824	B
LSD: $\pm 122,70$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; eğilmede elastikiyet modülü değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (13376 N/mm^2), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde (10672 N/mm^2) elde edilmiştir.

Çizelge 5.61. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	12574	A*
190	12328	B
200	11716	C
210	10913	D
LSD: $\pm 109,70$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; eğilmede elastikiyet modülü değeri, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (12574 N/mm^2), en düşük ise 210°C ısıl işlemli deney örneklerinde (10913 N/mm^2) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.62’de verilmiştir.

Çizelge 5.62. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	9357	I	11988	E
110 °C / %20	9899	G	13072	C
110 °C / %40	11841	E	14911	A*
150 °C / %20	9532	H	12580	D
150 °C / %40	11208	F	14440	B
LSD: $\pm 173,50$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; eğilmede elastikiyet modülü değeri, en yüksek 110°C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (14911 N/mm^2), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) sarıçam örneklerinde (9357 N/mm^2) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.63’de verilmiştir.

Çizelge 5.63. Ağaç türü-ısıtım sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	10985	E	14163	A*
190	10723	F	13932	B
200	10219	G	13213	C
210	9543	H	12284	D
LSD: $\pm 155,20$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; eğilmede elastikiyet modülü değeri, en yüksek Knt2 (ısıtım işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (14163 N/mm²), en düşük ise 210 °C ısıtım işlemli sarıçam örneklerinde (9543 N/mm²) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtım sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.64’de verilmiştir.

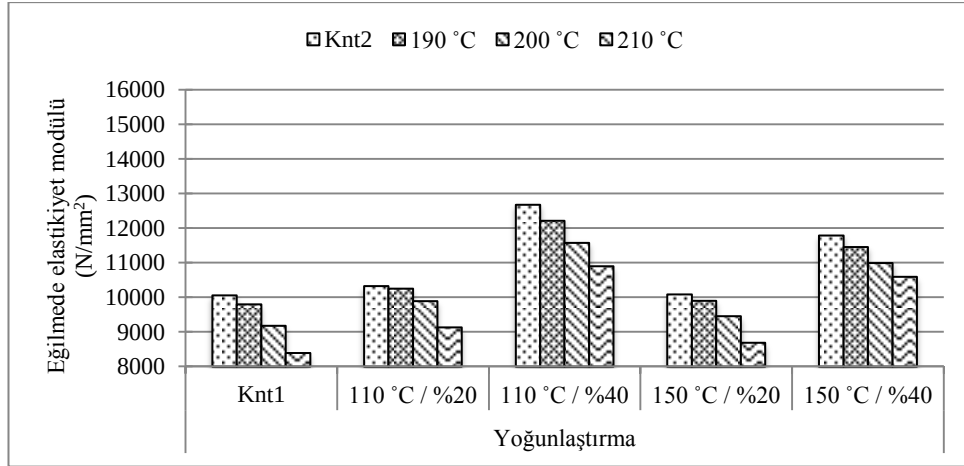
Çizelge 5.64. Yoğunlaştırma-ısıtım sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	11573	I	11085	J	10482	K	9550	M
110 °C / %20	11988	G	11944	G	11419	I	10592	K
110 °C / %40	14187	A*	13916	B	13072	D	12329	F
150 °C / %20	11653	HI	11460	I	10880	J	10231	L
150 °C / %40	13470	C	13233	CD	12728	E	11866	GH
LSD: $\pm 245,30$								

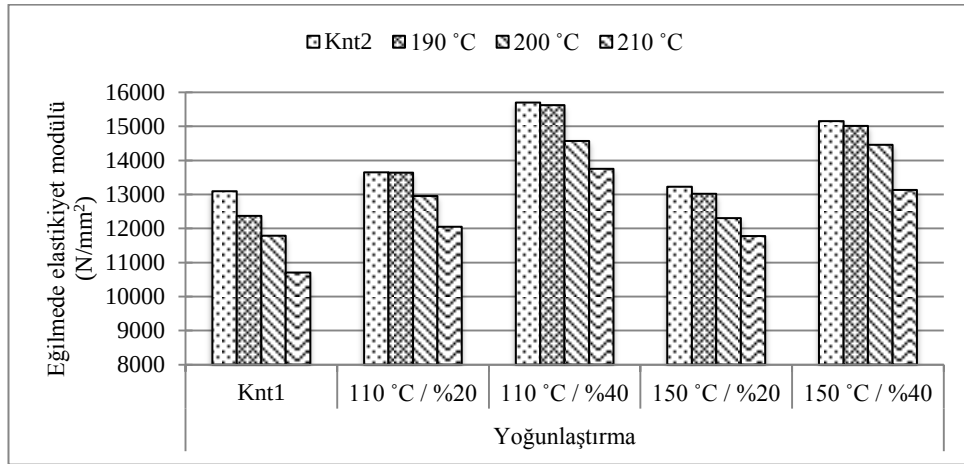
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; eğilmede elastikiyet modülü değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtım işlemsiz) deney örneklerinde (14187 N/mm²), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtım işlemli deney örneklerinde (9550 N/mm²) elde edilmiştir.

Sarıçam ve Doğu kayınında eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.14. Sarıçamda eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.15. Doğu kayınında eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

5.3. Teknolojik Özellikler

Farklı sıcaklık ve oranlarda yoğunlaştırılıp ısıt işlem uygulanmış sarıçam ve Doğu kayınında radyal yönde (sıkıştırma yönü) Brinell sertlik ve teğet yönde Brinell sertliğe ait teknolojik özellikler bu bölümde verilmiştir.

5.3.1. Radyal yönde Brinell sertlik

Deney örneklerinden elde edilen radyal yöndeki sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.65’de verilmiştir.

Çizelge 5.65. Radyal yöndeki sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar (N/mm²)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	24,23	3,03	32,86	2,14
	190	22,39	2,42	28,41	1,27
	200	21,28	2,31	25,04	1,98
	210	19,41	2,30	22,28	1,06
110 °C / %20	Knt2	28,65	2,24	37,38	2,42
	190	23,63	1,01	28,00	2,17
	200	22,81	2,00	26,30	1,25
	210	21,07	0,99	25,26	1,40
110 °C / %40	Knt2	33,17	3,28	43,07	5,55
	190	30,15	5,67	34,75	2,04
	200	27,18	4,12	32,59	2,84
	210	25,18	5,38	30,08	4,21
150 °C / %20	Knt2	29,15	2,48	38,58	2,89
	190	23,83	0,98	29,83	2,53
	200	22,32	1,51	29,23	3,49
	210	20,94	1,65	28,12	1,44
150 °C / %40	Knt2	33,27	2,84	44,51	2,88
	190	30,44	4,76	36,56	3,88
	200	25,13	3,04	33,78	2,38
	210	23,86	2,89	32,01	2,61

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıt işlem sıcaklığı ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, radyal yöndeki sertlik değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.66’da verilmiştir.

Çizelge 5.66. Radyal yöndeki sertlik değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	4258,737	4258,737	1052,9356	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	3835,656	958,914	237,0831	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	5311,052	1770,351	437,7038	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	162,288	40,572	10,0311	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	311,963	103,988	25,7100	0,0000*
Etkileşim (BC)	12	205,383	17,115	4,2316	0,0000*
Etkileşim (ABC)	12	63,712	5,309	1,3127	0,2088Ns
Hata	360	1456,068	4,045		
Toplam	399	15604,859			

*= 0,05'e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, radyal yöndeki sertlik değerleri üzerinde ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı düzeyinde, radyal yöndeki sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.67, Çizelge 5.68 ve Çizelge 5.69'da verilmiştir.

Çizelge 5.67. Ağaç türü düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	25,40	B
Doğu kayını	31,93	A*
LSD: $\pm 0,3955$		

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

Çizelgeye göre; radyal yöndeki sertlik değeri, Doğu kayını örneklerinde yüksek ($31,93 \text{ N/mm}^2$), sarıçam örneklerinde daha düşük ($25,40 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir.

Çizelge 5.68. Yoğunlaştırma düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	24,49	D
110 °C / %20	26,64	C
110 °C / %40	32,02	A*
150 °C / %20	27,75	B
150 °C / %40	32,44	A*
LSD: $\pm 0,6254$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek radyal yön sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; radyal yöndeki sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örnekleri (32,44 N/mm²) ile 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (32,02 N/mm²), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde (24,49 N/mm²) elde edilmiştir.

Çizelge 5.69. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	34,49	A*
190	28,80	B
200	26,57	C
210	24,82	D
LSD: $\pm 0,5594$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek radyal yön sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; radyal yöndeki sertlik değeri, en yüksek Knt2 (ısıls işlemsiz) deney örneklerinde (34,49 N/mm²), en düşük ise 210 °C ısıls işlemlili deney örneklerinde (24,82 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, radyal yöndeki sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.70’de verilmiştir.

Çizelge 5.70. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	21,83	H	27,15	F
110 °C / %20	24,04	G	29,23	D
110 °C / %40	28,92	DE	35,12	B
150 °C / %20	24,06	G	31,44	C
150 °C / %40	28,18	E	36,71	A*
LSD: $\pm 0,8844$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek radyal yön sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; radyal yöndeki sertlik değeri, en yüksek 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (36,71 N/mm²), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) sarıçam örneklerinde (21,83 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, radyal yöndeki sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.71’de verilmiştir.

Çizelge 5.71. Ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	29,70	C	39,28	A*
190	26,09	E	31,51	B
200	23,75	F	29,39	C
210	22,09	G	27,55	D
LSD: $\pm 0,7910$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek radyal yön sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; radyal yöndeki sertlik değeri, en yüksek Knt2 (ısıtma işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (39,28 N/mm²), en düşük ise 210 °C ısıtma işlemli sarıçam örneklerinde (22,09 N/mm²) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, radyal yöndeki sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.72’de verilmiştir.

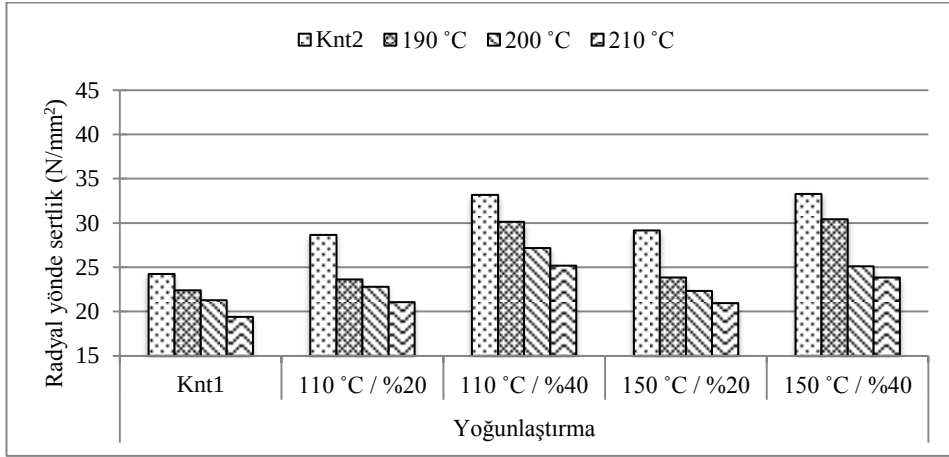
Çizelge 5.72. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde radyal yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	28,55	EF	25,40	IJ	23,16	K	20,84	L
110 °C / %20	33,01	BC	25,82	HI	24,56	J	23,16	K
110 °C / %40	38,12	A*	32,45	C	29,88	D	27,63	FG
150 °C / %20	33,87	B	26,83	GH	25,78	H-J	24,53	J
150 °C / %40	38,89	A*	33,50	BC	29,46	DE	27,93	FG
LSD: $\pm 1,2510$								

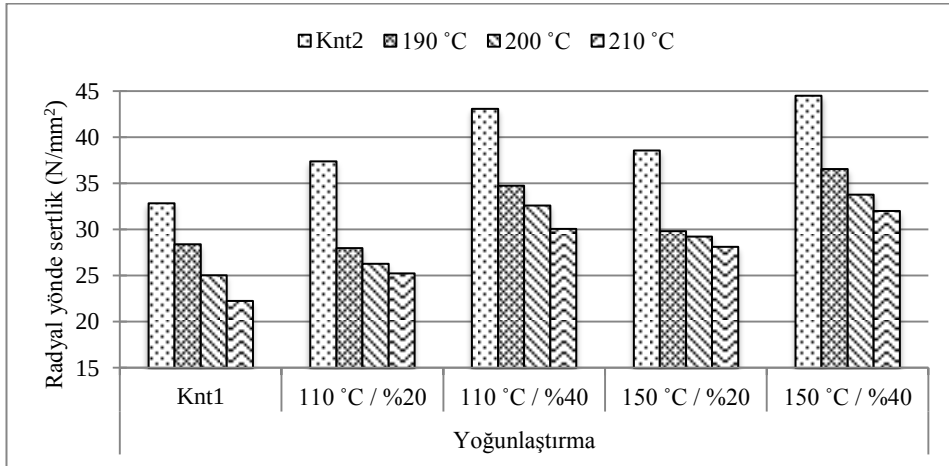
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek radyal yön sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; radyal yöndeki sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örnekleri (38,89 N/mm²) ile 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (38,12 N/mm²), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (20,84 N/mm²) elde edilmiştir.

Sarıçam ve Doğu kayınında radyal yöndeki sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.16 ve Şekil 5.17’de verilmiştir.



Şekil 5.16. Sarıçamda radyal yöndeki sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.17. Doğu kayınında radyal yöndeki sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

5.3.2. Teğet yönde Brinell sertlik

Deney örneklerinden elde edilen teğet yöndeki sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.73’de verilmiştir.

Çizelge 5.73. Teğet yönndeki sertlik değrlerine ait aritmetik ortalamalar (N/mm²)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	22,39	1,96	31,50	3,56
	190	21,06	2,66	24,40	1,42
	200	19,67	1,60	21,61	0,87
	210	19,03	1,48	20,85	0,77
110 °C / %20	Knt2	29,49	2,59	42,92	5,17
	190	23,80	3,71	34,26	4,33
	200	22,62	2,46	32,18	1,46
	210	20,58	3,43	30,08	2,97
110 °C / %40	Knt2	39,32	3,02	56,01	7,20
	190	33,09	4,98	43,56	4,77
	200	30,97	3,11	39,03	2,40
	210	30,23	4,03	36,92	3,86
150 °C / %20	Knt2	30,71	3,20	44,01	4,79
	190	22,59	3,14	35,17	3,10
	200	21,87	3,42	30,73	5,68
	210	21,31	5,32	29,17	3,72
150 °C / %40	Knt2	40,50	12,22	56,30	5,57
	190	32,78	8,05	42,69	9,80
	200	31,96	7,17	39,98	9,23
	210	31,45	6,39	34,72	4,67

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıt işlem sıcaklığı ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, teğet yönndeki sertlik değrleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.74’da verilmiştir.

Çizelge 5.74. Teğet yönndeki sertlik değrlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	8159,870	8159,870	1837,5990	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	15354,022	3838,506	864,4296	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	8325,630	2775,210	624,9760	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	647,924	161,981	36,4781	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	872,378	290,793	65,4864	0,0000*
Etkileşim (BC)	12	510,621	42,552	9,5826	0,0000*
Etkileşim (ABC)	12	162,487	13,541	3,0493	0,0004*
Hata	360	1598,582	4,441		
Toplam	399				

*= 0,05’e göre önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, teğet yöndeki sertlik değerleri üzerinde ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı etkisi ile bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı düzeyinde, teğet yöndeki sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.75, Çizelge 5.76 ve Çizelge 5.77’de verilmiştir.

Çizelge 5.75. Ağaç türü düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	27,27	B
Doğu kayını	36,30	A*
LSD: $\pm 0,4144$		

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

Çizelgeye göre; teğet yöndeki sertlik değeri, Doğu kayını örneklerinde yüksek ($36,30 \text{ N/mm}^2$), sarıçam örneklerinde daha düşük ($27,27 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir.

Çizelge 5.76. Yoğunlaştırma düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	22,56	C
110 °C / %20	29,49	B
110 °C / %40	38,64	A*
150 °C / %20	29,44	B
150 °C / %40	38,80	A*
LSD: $\pm 0,6553$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek teğet yön sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; teğet yöndeki sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örnekleri ($38,80 \text{ N/mm}^2$) ile 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde ($38,64 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde ($22,56 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir.

Çizelge 5.77. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	39,32	A*
190	31,34	B
200	29,06	C
210	27,43	D
LSD: $\pm 0,5861$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek teğet yön sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; teğet yöndeki sertlik değeri, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (39,32 N/mm²), en düşük ise 210 °C ısıl işlemlili deney örneklerinde (27,43 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, teğet yöndeki sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.78’de verilmiştir.

Çizelge 5.78. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	20,54	E	24,59	D
110 °C / %20	24,12	D	34,86	B
110 °C / %40	33,40	C	43,88	A*
150 °C / %20	24,12	D	34,77	B
150 °C / %40	34,17	BC	43,42	A*
LSD: $\pm 0,9267$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek teğet yön sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; teğet yöndeki sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örnekleri (43,88 N/mm²) ile 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (43,42 N/mm²), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) sarıçam örneklerinde (20,54 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, teğet yöndeki sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.79’da verilmiştir.

Çizelge 5.79. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	32,48	C	46,15	A*
190	26,66	E	36,02	B
200	25,42	F	32,71	C
210	24,52	G	30,35	D
LSD: $\pm 0,8289$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek teğet yön sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; teğet yöndeki sertlik değeri, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (46,15 N/mm²), en düşük ise 210 °C ısıl işlemli sarıçam örneklerinde (24,52 N/mm²) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, teğet yöndeki sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.80’de verilmiştir.

Çizelge 5.80. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	26,94	G	22,73	I	20,64	J	19,94	J
110 °C / %20	36,21	CD	29,03	F	27,40	G	25,33	H
110 °C / %40	47,67	A*	38,33	B	35,00	D	33,57	E
150 °C / %20	37,36	BC	28,88	F	26,30	GH	25,24	H
150 °C / %40	48,40	A*	37,73	B	35,97	D	33,08	E
LSD: $\pm 1,3110$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek teğet yön sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; teğet yöndeki sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örnekleri (48,40 N/mm²) ile 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (47,67 N/mm²), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıl işlemli deney örnekleri (19,94 N/mm²) ile Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 200 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (20,64 N/mm²) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde, teğet yöndeki sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.81’de verilmiştir.

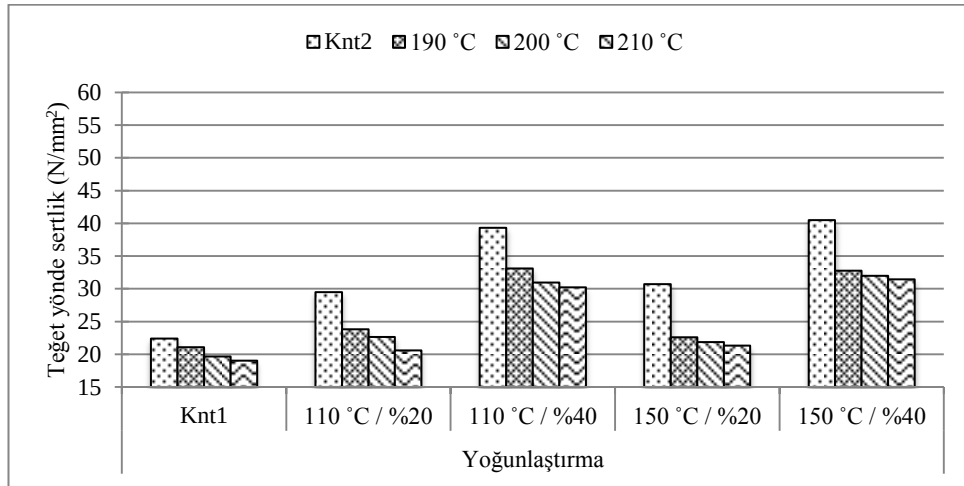
Çizelge 5.81. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde teğet yöndeki sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	22,39	O-Q	31,50	H-L
	190	21,06	P-R	24,40	N
	200	19,67	RS	21,61	PQ
	210	19,03	S	20,85	P-S
110 °C / %20	Knt2	29,49	M	42,92	B
	190	23,80	NO	34,26	E-G
	200	22,62	N-P	32,18	H-J
	210	20,58	Q-S	30,08	LM
110 °C / %40	Knt2	39,32	C	56,01	A*
	190	33,09	F-H	43,56	B
	200	30,97	I-M	39,03	C
	210	30,23	K-M	36,92	D
150 °C / %20	Knt2	30,71	J-M	44,01	B
	190	22,59	N-P	35,17	DE
	200	21,87	PQ	30,73	J-M
	210	21,31	P-R	29,17	M
150 °C / %40	Knt2	40,50	C	56,30	A*
	190	32,78	G-I	42,69	B
	200	31,96	H-K	39,98	C
	210	31,45	H-L	34,72	EF
LSD: $\pm 1,8530$					

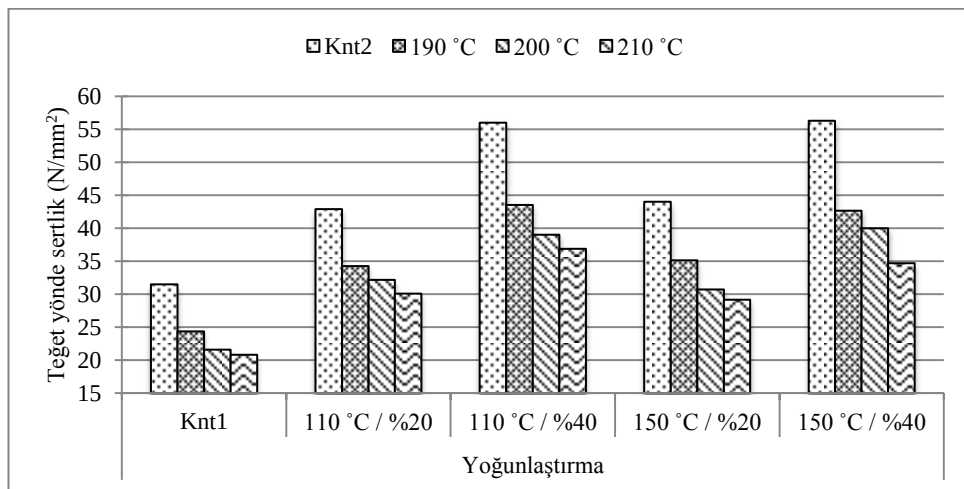
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek teğet yön sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; teğet yöndeki sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) Doğu kayını örnekleri ($56,30 \text{ N/mm}^2$) ile 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde ($56,01 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıl işlemlili sarıçam örneklerinde ($19,03 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir.

Sarıçam ve Doğu kayınında teğet yöndeki sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.18 ve Şekil 5.19’da verilmiştir.



Şekil 5.18. Sarıçamda teğet yöndeki sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.19. Doğu kayınında teğet yöndeki sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

5.4. Üstyüzey İşlemlerine Ait Özellikler

Termo-mekanik (TM) yöntemle farklı sıcaklık ve oranlarda sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış ve değişik sıcaklıklarda ısıtıl işlem uygulandıktan sonra yüzeylerine su bazlı vernikler uygulanan sarıçam ve Doğu kayınında yüzey pürüzlülüğü, yüzey parlaklığı, pandüllü (salınımsal) yüzey sertliği ve verniklerin yüzeye yapışma (adezyon) direncine ait üstyüzey işlem özellikleri ile çalışmada kullanılan verniklerin katı madde miktarı ve kuru film kalınlık özellikleri bu bölümde verilmiştir.

5.4.1. Verniklerin katı madde miktarı

Çalışmada kullanılan su bazlı verniklerin katı madde miktarı Çizelge 5.82’de verilmiştir.

Çizelge 5.82. Verniklerin katı madde miktarı (%)

Vernik çeşidi	Katı madde miktarı
Sd	34,20
Tbs	26,92
Çbs	34,14

Sd: Su bazlı dolgu verniği, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çalışmada kullanılan su bazlı verniklerin katı madde miktarı en yüksek, Sd’de (%34,20), en düşük ise Tbs’de (%26,92) elde edilmiştir.

5.4.2. Verniklerin kuru katman (film) kalınlığı

Deney örnekleri yüzeyine uygulanan su bazlı verniklerin kuru katman kalınlığı değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.83’de verilmiştir.

Çizelge 5.83. Verniklerin kuru katman kalınlığı değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm)

Ağaç türü	Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Vernik çeşidi			
			Tbs		Çbs	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Sarıçam	Knt1	Knt2	91,92	4,52	91,25	4,65
		190	92,08	3,00	93,58	3,50
		200	93,75	2,86	91,58	4,25
		210	90,75	4,07	91,75	3,44
	110 $^{\circ}\text{C}$ / %20	Knt2	94,92	4,10	92,17	4,21
		190	93,58	2,02	97,00	4,18
		200	94,00	3,67	92,83	3,93
		210	89,58	4,52	90,33	2,81
	110 $^{\circ}\text{C}$ / %40	Knt2	98,33	3,37	97,33	3,49
		190	99,33	4,14	99,25	4,34
		200	98,00	4,09	94,17	1,95
		210	94,92	4,29	95,67	3,93
	150 $^{\circ}\text{C}$ / %20	Knt2	96,83	2,52	95,75	2,54
		190	94,75	3,17	96,17	3,82
		200	92,58	4,56	92,75	2,54
		210	92,33	3,87	91,58	3,78
	150 $^{\circ}\text{C}$ / %40	Knt2	100,33	3,03	100,83	2,94
		190	98,17	2,25	98,58	4,52
		200	100,17	3,46	95,67	4,13
		210	97,00	3,81	94,92	4,27
Doğu kayını	Knt1	Knt2	93,92	4,34	94,33	3,04
		190	95,50	4,74	96,83	3,75
		200	92,75	4,20	93,08	4,58
		210	88,92	4,23	88,75	2,88
	110 $^{\circ}\text{C}$ / %20	Knt2	96,33	4,75	95,92	3,64
		190	94,42	4,38	96,58	2,77
		200	91,83	4,34	92,33	4,21
		210	91,17	4,32	89,92	4,52
	110 $^{\circ}\text{C}$ / %40	Knt2	98,00	4,63	102,00	3,00
		190	100,08	2,71	99,00	4,28
		200	96,42	3,37	94,83	2,91
		210	93,50	4,52	94,08	3,63
	150 $^{\circ}\text{C}$ / %20	Knt2	95,17	3,88	97,33	4,54
		190	96,25	4,41	94,50	4,80
		200	94,50	4,36	95,75	4,37
		210	89,33	2,15	90,83	4,48
	150 $^{\circ}\text{C}$ / %40	Knt2	102,00	2,83	99,17	4,17
		190	98,67	3,73	100,00	4,35
		200	97,17	4,00	98,75	3,59
		210	94,58	4,40	94,00	4,33

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Ağaç türü, yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, verniklerin kuru katman kalınlığı değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.84’de verilmiştir.

Çizelge 5.84. Verniklerin kuru katman kalınlığı değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	21.600	21.600	1.5019	0.2207Ns
Yoğunlaştırma (B)	4	4629.563	1157.391	80.4738	0.0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	3307.642	1102.547	76.6606	0.0000*
Vernik çeşidi (D)	1	1.067	1.067	0.0742	-----Ns
Etkileşim (AB)	4	34.754	8.689	0.6041	-----Ns
Etkileşim (AC)	3	272.458	90.819	6.3147	0.0003*
Etkileşim (AD)	1	46.817	46.817	3.2552	0.0715Ns
Etkileşim (BC)	12	287.546	23.962	1.6661	0.0694Ns
Etkileşim (BD)	4	40.683	10.171	0.7072	-----Ns
Etkileşim (CD)	3	98.908	32.969	2.2924	0.0767Ns
Etkileşim (ABC)	12	304.688	25.391	1.7654	0.0496*
Etkileşim (ABD)	4	13.933	3.483	0.2422	-----Ns
Etkileşim (ACD)	3	118.725	39.575	2.7517	0.0417*
Etkileşim (BCD)	12	229.842	19.153	1.3317	0.1946Ns
Etkileşim (ABCD)	12	215.692	17.974	1.2498	0.2439Ns
Hata	880	12656.333	14.382		
Toplam	959	22280.250			

*= 0,05’e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, verniklerin kuru katman kalınlığı değerleri üzerinde yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı etkisi, ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi ve ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ile ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimleri önemli diğer etki ve etkileşimler ise önemsiz bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Yoğunlaştırma ve ısıtma işlem sıcaklığı düzeyinde, verniklerin kuru katman kalınlığı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.85 ve Çizelge 5.86’da verilmiştir.

Çizelge 5.85. Yoğunlaştırma düzeyinde verniklerin kuru katman kalınlığı değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	92,55	E
110 °C / %20	93,31	D
110 °C / %40	97,18	B
150 °C / %20	94,15	C
150 °C / %40	98,13	A*
LSD: $\pm 0,7597$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek kuru katman kalınlığı değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; verniklerin kuru katman kalınlığı değeri, en yüksek 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (98,13 μm), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde (92,55 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.86. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde verniklerin kuru katman kalınlığı değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	96,69	A*
190	96,72	A*
200	94,65	B
210	92,20	C
LSD: $\pm 0,6795$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek kuru katman kalınlığı değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; verniklerin kuru katman kalınlığı değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 190 °C ısıtma işlemli deney örnekleri (96,72 μm) ile Knt2 (ısıtma işlemsiz) deney örneklerinde (96,69 μm), en düşük ise 210 °C ısıtma işlemli deney örneklerinde (92,20 μm) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, verniklerin kuru katman kalınlığı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.87’de verilmiştir.

Çizelge 5.87. Ağaç türü-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde verniklerin kuru katman kalınlığına ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	95,97	C	97,42	A*
190	96,25	BC	97,18	AB
200	94,55	D	94,74	D
210	92,88	E	91,51	F
LSD: $\pm 0,9609$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek kuru katman kalınlığı değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; verniklerin kuru katman kalınlığı değeri, en yüksek Knt2 (ısıtıl işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (97,42 μm), en düşük ise 210 °C ısıtıl işlemlili Doğu kayını örneklerinde (91,51 μm) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde, verniklerin kuru katman kalınlığı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.88’de verilmiştir.

Çizelge 5.88. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde verniklerin kuru katman kalınlığına ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	91,58	M-P	94,13	G-K
	190	92,83	J-N	96,17	E-G
	200	92,67	J-O	92,92	J-N
	210	91,25	N-P	88,83	Q
110 °C / %20	Knt2	93,54	H-M	96,13	E-G
	190	95,29	F-I	95,50	F-I
	200	93,42	I-M	92,08	K-P
	210	89,96	PQ	90,54	O-Q
110 °C / %40	Knt2	97,83	C-E	100,00	AB
	190	99,29	A-C	99,54	A-C
	200	96,08	E-G	95,63	F-H
	210	95,29	F-I	93,79	H-L
150 °C / %20	Knt2	96,29	D-F	96,25	D-G
	190	95,46	F-I	95,38	F-I
	200	92,67	J-O	95,13	F-I
	210	91,96	L-P	90,08	PQ
150 °C / %40	Knt2	100,50	A*	100,58	A*
	190	98,38	B-D	99,33	A-C
	200	97,92	B-E	97,96	B-E
	210	95,96	E-G	94,29	F-J
LSD: $\pm 2,1490$					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek kuru katman kalınlığı değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; verniklerin kuru katman kalınlığı değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtma işlemsiz) Doğu kayını örnekleri (100,58 μm) ile 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtma işlemsiz) sarıçam örneklerinde (100,58 μm), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtma işlemli Doğu kayını örneklerinde (88,83 μm) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, verniklerin kuru katman kalınlığı değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.89’da verilmiştir.

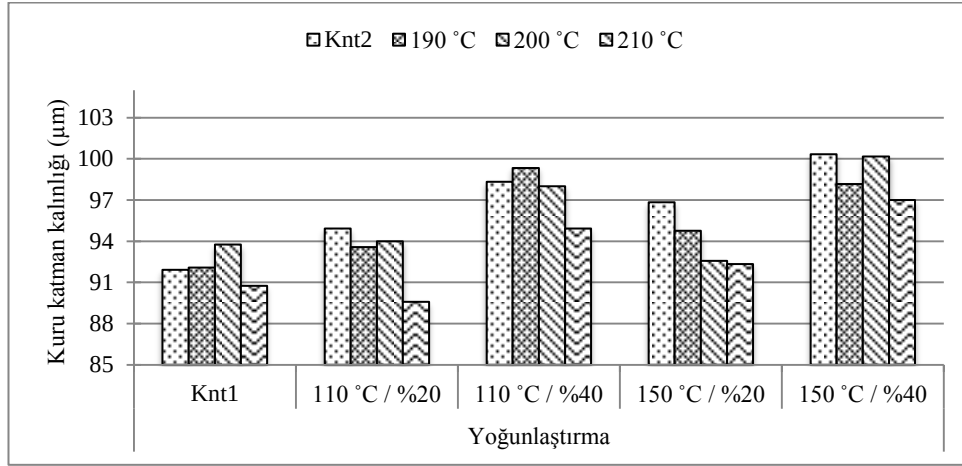
Çizelge 5.89. Ağaç türü-ısıt işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde vernüklerin kuru katman kalınlığına ait homojenlik grupları

Ağaç türü	Isıt işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi			
		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	Knt2	96,47	A-D	95,47	DE
	190	95,58	C-E	96,92	A-C
	200	95,70	B-E	93,40	FG
	210	92,92	G	92,85	GH
Doğu kayını	Knt2	97,08	A*	97,75	A*
	190	96,98	AB	97,38	A*
	200	94,53	EF	94,95	E
	210	91,50	H	91,52	H
LSD: $\pm 1,3590$					

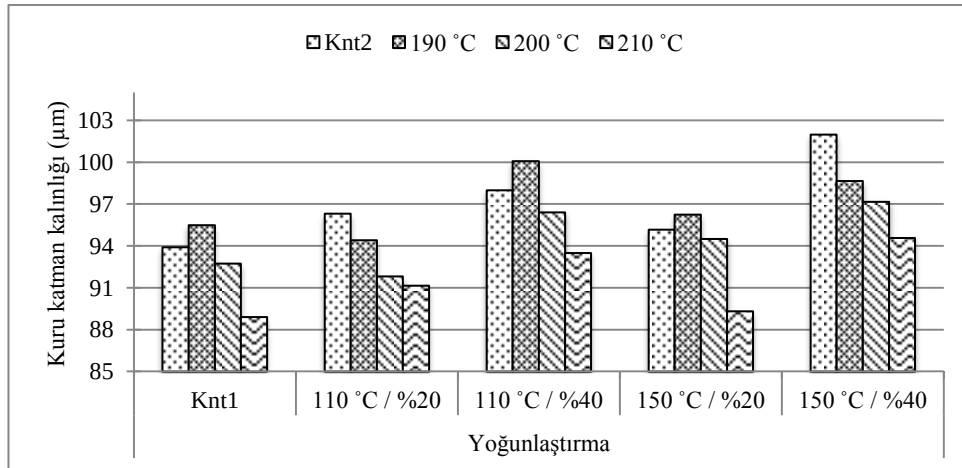
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek kuru katman kalınlığı değeri, Knt2: Isıt işlemsiz,, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli bazlı vernük

Çizelgeye göre; vernüklerin kuru katman kalınlığı değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Knt2 (ısıt işlemsiz) Çbs uygulanmış Doğu kayını örnekleri (97,75 μm), 190 °C ısıt işlemli Çbs uygulanmış Doğu kayını örnekleri (97,38 μm) ve Knt2 (ısıt işlemsiz) Tbs uygulanmış Doğu kayını örneklerinde (97,08 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 210 °C ısıt işlemli Tbs uygulanmış Doğu kayını örnekleri (91,50 μm) ile 210 °C ısıt işlemli Çbs uygulanmış Doğu kayını örneklerinde (91,52 μm) elde edilmiştir.

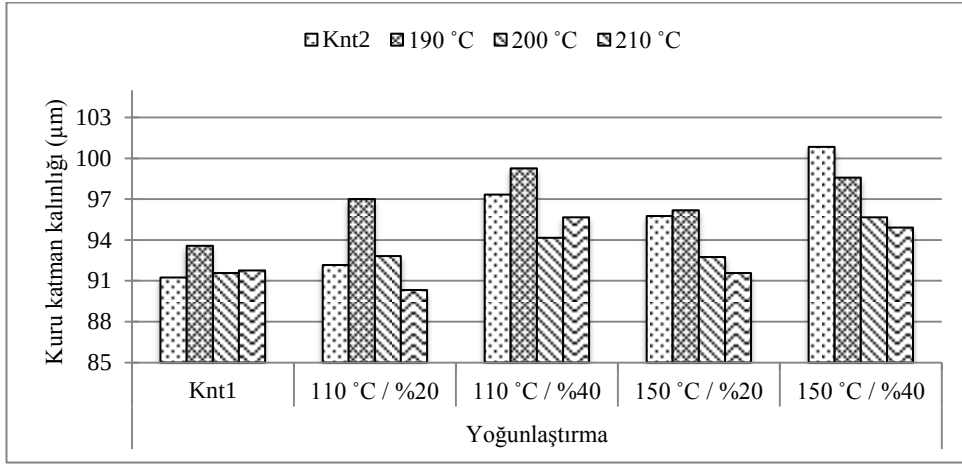
Sarıçam ve Doğu kayını yüzeylerine uygulanmış Tbs ve Çbs'nin kuru katman (film) kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.20, Şekil 5.21, Şekil 5.22 ve Şekil 5.23'de verilmiştir.



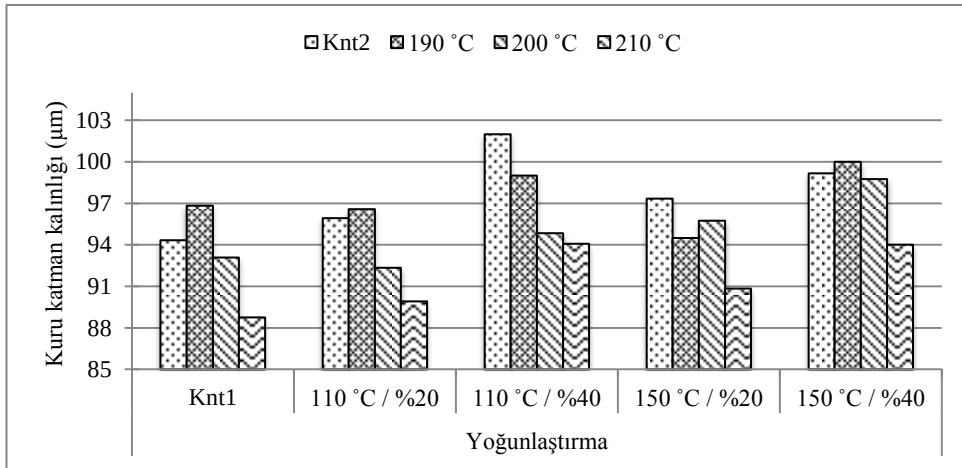
Şekil 5.20. Sarıçam yüzeylerine uygulanmış Tbs'nin kuru katman (film) kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.21. Doğu kayını yüzeylerine uygulanmış Tbs'nin kuru katman (film) kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.22. Sarıçam yüzeylerine uygulanmış Çbs'nin kuru katman (film) kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.23. Doğu kayını yüzeylerine uygulanmış Çbs'nin kuru katman (film) kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

5.4.3. Yüzey pürüzlülüğü

Sarıçamda yüzey pürüzlülüğü

Sarıçam örneklerden elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.90'da verilmiştir.

Çizelge 5.90. Sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	2,564	0,10	0,749	0,15	1,070	0,05
	190	3,161	0,11	0,780	0,26	1,059	0,25
	200	3,453	0,14	0,938	0,19	1,094	0,33
	210	4,091	0,31	1,289	0,38	1,408	0,16
110 °C / %20	Knt2	2,604	0,13	1,235	0,27	1,389	0,37
	190	3,003	0,08	0,779	0,14	0,899	0,22
	200	3,301	0,21	0,887	0,13	0,921	0,13
	210	3,901	0,33	1,287	0,34	1,418	0,33
110 °C / %40	Knt2	2,354	0,11	1,551	0,25	1,708	0,27
	190	2,885	0,20	0,758	0,20	0,962	0,20
	200	3,066	0,25	1,054	0,16	1,029	0,23
	210	3,589	0,18	1,326	0,25	1,384	0,14
150 °C / %20	Knt2	2,457	0,12	1,140	0,35	1,280	0,16
	190	2,924	0,19	0,672	0,11	0,820	0,18
	200	3,169	0,17	0,956	0,25	0,950	0,19
	210	3,762	0,33	1,251	0,30	1,400	0,30
150 °C / %40	Knt2	2,220	0,08	1,446	0,35	1,573	0,17
	190	2,767	0,25	0,745	0,13	0,984	0,26
	200	2,805	0,19	0,954	0,37	0,979	0,17
	210	3,102	0,28	1,273	0,54	1,371	0,29

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Yoğunlaştırma, ısı işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, sarıçamda yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.91’de verilmiştir.

Çizelge 5.91. Sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Yoğunlaştırma (A)	4	1,164	0,291	6,1417	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (B)	3	22,289	7,430	156,8626	0,0000*
Vernik çeşidi (C)	2	402,761	201,381	4251,7099	0,0000*
Etkileşim (AB)	12	4,088	0,341	7,1924	0,0000*
Etkileşim (AC)	8	7,018	0,877	18,5216	0,0000*
Etkileşim (BC)	6	24,681	4,114	86,8489	0,0000*
Etkileşim (ABC)	24	1,382	0,058	1,2159	0,2223Ns
Hata	420	19,893	0,047		
Toplam	479	483,277			

*= 0,05’e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernici çeşidi üçlü etkileşimi önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernici çeşidi düzeyinde, sarıçamda yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.92, Çizelge 5.93 ve Çizelge 5.94’de verilmiştir.

Çizelge 5.92. Yoğunlaştırma düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	1,805	A*
110 °C / %20	1,802	A*
110 °C / %40	1,806	A*
150 °C / %20	1,732	B
150 °C / %40	1,685	B
LSD: $\pm 0,0615$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örnekleri (1,806 μm), Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örnekleri (1,805 μm) ve 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örneklerinde (1,806 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örnekleri (1,685 μm) ile 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örneklerinde (1,732 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.93. Isıtma işlem sıcaklığı düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Isıtma işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	1,690	B
190	1,546	C
200	1,704	B
210	2,124	A*
LSD: $\pm 0,0550$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek pürüzlülük değeri, Knt2: Isıtma işlemleri

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek 210 °C ısıtılmış deney örneklerinde (2,124 µm), en düşük ise 190 °C ısıtılmış deney örneklerinde (1,546 µm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.94. Vernik çeşidi düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Knt3	3,059	A*
Tbs	1,053	C
Çbs	1,185	B
LSD: $\pm 0,0476$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (3,059 µm), en düşük ise Tbs uygulanmış deney örneklerinde (1,053 µm) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, sarıçamda yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.95’de verilmiştir.

Çizelge 5.95. Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	1,461	I	1,666	E-G	1,828	CD	2,263	A*
110 °C / %20	1,744	DE	1,560	G-I	1,703	E	2,202	AB
110 °C / %40	1,871	C	1,535	HI	1,717	DE	2,100	B
150 °C / %20	1,626	E-H	1,472	I	1,692	EF	2,137	B
150 °C / %40	1,746	DE	1,499	I	1,579	F-I	1,916	C
LSD: $\pm 0,1230$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtılmış deney örneklerinde (2,263 µm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt2 (ısıtılmış işlemsiz) deney örnekleri (1,461

μm), 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örnekleri (1,472 μm) ve 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (1,499 μm) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, sarıçamda yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.96’da verilmiştir.

Çizelge 5.96. Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	3,317	A*	0,939	J	1,158	FG
110 °C / %20	3,203	B	1,047	HI	1,157	FG
110 °C / %40	2,974	C	1,172	E-G	1,271	E
150 °C / %20	3,078	C	1,005	IJ	1,113	GH
150 °C / %40	2,724	D	1,105	G-I	1,227	EF
LSD: $\pm 0,1065$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (3,317 μm), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) ve Tbs uygulanmış deney örneklerinde (0,939 μm) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, sarıçamda yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.97’de verilmiştir.

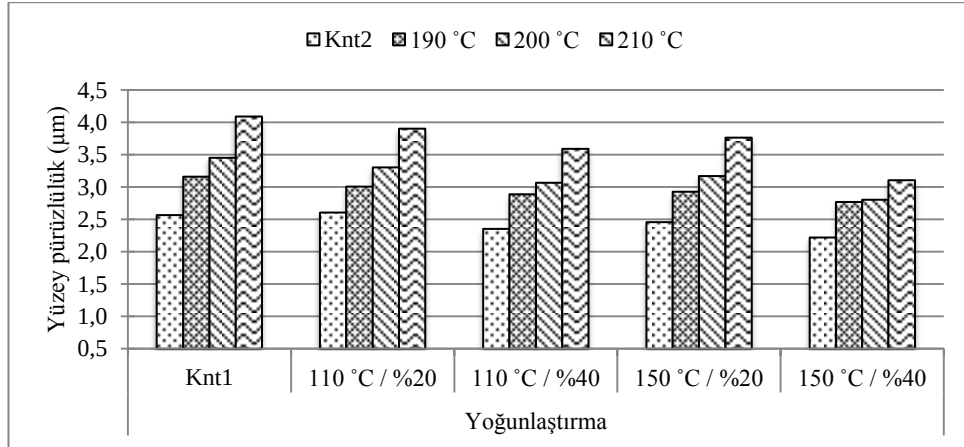
Çizelge 5.97. Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	2,441	D	1,224	F	1,404	E
190	2,948	C	0,747	H	0,945	G
200	3,159	B	0,958	G	0,995	G
210	3,689	A*	1,285	F	1,396	E
LSD: $\pm 0,0953$						

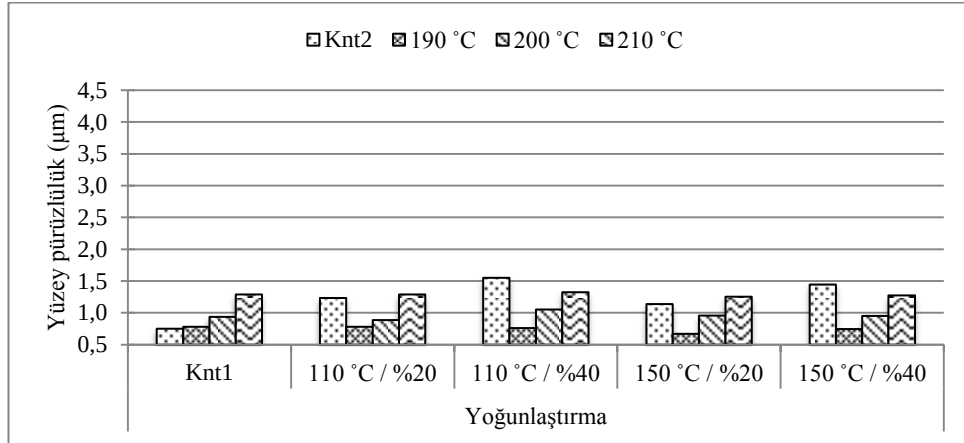
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (3,689 μm), en düşük ise 190 °C ısıtılmış ve Tbs uygulanmış deney örneklerinde (0,747 μm) elde edilmiştir.

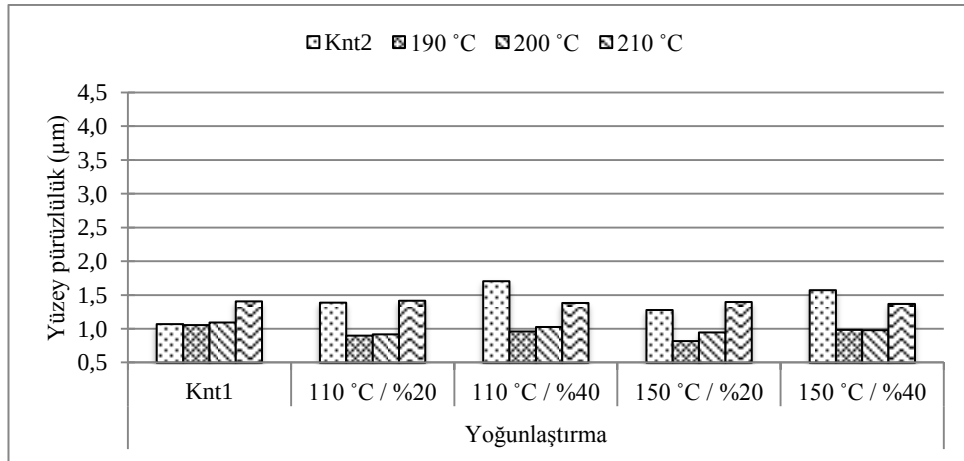
Knt3 (verniksiz), Tbs uygulanmış ve Çbs uygulanmış sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.24, Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'da verilmiştir.



Şekil 5.24. Knt3 (verniksiz) sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.25. Tbs uygulanmış sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.26. Çbs uygulanmış sarıçamda yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

Doğu kayınında yüzey pürüzlülüğü

Doğu kayını örneklerden elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.98’de verilmiştir.

Çizelge 5.98. Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	2,888	0,23	0,966	0,08	0,969	0,11
	190	3,255	0,18	1,055	0,09	1,132	0,12
	200	4,002	0,21	1,353	0,15	1,379	0,23
	210	5,246	0,66	1,721	0,11	1,727	0,21
110 °C / %20	Knt2	2,762	0,11	1,356	0,12	1,534	0,16
	190	3,195	0,24	1,153	0,09	1,308	0,21
	200	3,828	0,39	1,345	0,24	1,364	0,18
	210	4,881	0,81	1,672	0,07	1,690	0,40
110 °C / %40	Knt2	2,487	0,10	2,208	0,47	2,520	0,25
	190	2,914	0,18	1,103	0,12	1,268	0,13
	200	3,214	0,28	1,253	0,10	1,229	0,20
	210	4,125	0,76	1,602	0,14	1,605	0,27
150 °C / %20	Knt2	2,647	0,34	1,320	0,19	1,505	0,26
	190	3,083	0,29	1,123	0,05	1,344	0,15
	200	3,633	0,34	1,328	0,13	1,258	0,09
	210	4,773	0,47	1,661	0,21	1,703	0,22
150 °C / %40	Knt2	2,368	0,10	2,083	0,35	2,242	0,41
	190	2,838	0,08	1,078	0,09	1,226	0,17
	200	3,031	0,25	1,260	0,24	1,269	0,21
	210	3,681	0,27	1,592	0,17	1,624	0,36

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Yoğunlaştırma, ısı işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.99’da verilmiştir.

Çizelge 5.99. Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Yoğunlaştırma (A)	4	1,200	0,300	4,2733	0,0021*
Isıl işlem sıcaklığı (B)	3	44,516	14,839	211,4455	0,0000*
Vernik çeşidi (C)	2	422,751	211,375	3012,0178	0,0000*
Etkileşim (AB)	12	17,688	1,474	21,0034	0,0000*
Etkileşim (AC)	8	18,842	2,355	33,5610	0,0000*
Etkileşim (BC)	6	51,952	8,659	123,3823	0,0000*
Etkileşim (ABC)	24	4,904	0,204	2,9114	0,0000*
Hata	420	29,474	0,070		
Toplam	479	591,326			

*= 0,05’e göre önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi etkisi ile bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.100, Çizelge 5.101 ve Çizelge 5.102’de verilmiştir.

Çizelge 5.100. Yoğunlaştırma düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	2,141	A*
110 °C / %20	2,174	A*
110 °C / %40	2,127	A*
150 °C / %20	2,115	A*
150 °C / %40	2,024	B
LSD: $\pm 0,0750$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örnekleri (2,174 μm), Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örnekleri (2,141 μm), 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örnekleri (2,127 μm) ve 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örneklerinde (2,115 μm) en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (2,024 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.101. Isıtma işlem sıcaklığı düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Isıtma işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	1,990	B
190	1,805	C
200	2,050	B
210	2,620	A*
LSD: $\pm 0,0671$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt2: Isıtma işlemleri

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek 210 °C ısıtılmış deney örneklerinde (2,620 µm), en düşük ise 190 °C ısıtılmış deney örneklerinde (1,805 µm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.102. Vernik çeşidi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Knt3	3,443	A*
Tbs	1,412	C
Çbs	1,495	B
LSD: $\pm 0,0581$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (3,443 µm), en düşük ise Tbs uygulanmış deney örneklerinde (1,412 µm) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.103'de verilmiştir.

Çizelge 5.103. Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıtılmış işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	1,607	H	1,814	FG	2,245	D	2,898	A*
110 °C / %20	1,884	F	1,885	F	2,179	DE	2,747	B
110 °C / %40	2,405	C	1,762	FG	1,899	F	2,444	C
150 °C / %20	1,824	FG	1,850	FG	2,073	E	2,712	B
150 °C / %40	2,231	D	1,714	GH	1,854	FG	2,299	CD
LSD: $\pm 0,1501$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıtılmış işlemler

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtılmış deney örneklerinde (2,898 µm), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt2 deney örneklerinde (1,607 µm) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kaynında yüzey pürüzlülük değeri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.104’de verilmiştir.

Çizelge 5.104. Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kaynındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	3,848	A*	1,273	K	1,302	K
110 °C / %20	3,666	B	1,381	I-K	1,474	G-J
110 °C / %40	3,185	D	1,542	F-H	1,655	F
150 °C / %20	3,534	C	1,358	JK	1,452	H-J
150 °C / %40	2,980	E	1,503	G-I	1,590	FG
LSD: $\pm 0,1300$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (3,848 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Tbs uygulanmış deney örnekleri (1,273 μm) ile Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Çbs uygulanmış deney örneklerinde (1,273 μm) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kaynında yüzey pürüzlülük değeri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.105’de verilmiştir.

Çizelge 5.105. Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kaynındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	2,630	D	1,587	F	1,754	E
190	3,057	C	1,102	H	1,256	G
200	3,542	B	1,308	G	1,300	G
210	4,541	A*	1,650	EF	1,669	EF
LSD: $\pm 0,1163$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (4,541 μm), en düşük ise 190 °C ısıtılmış ve Tbs uygulanmış deney örneklerinde (1,102 μm) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı-verniki çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.106'da verilmiştir.

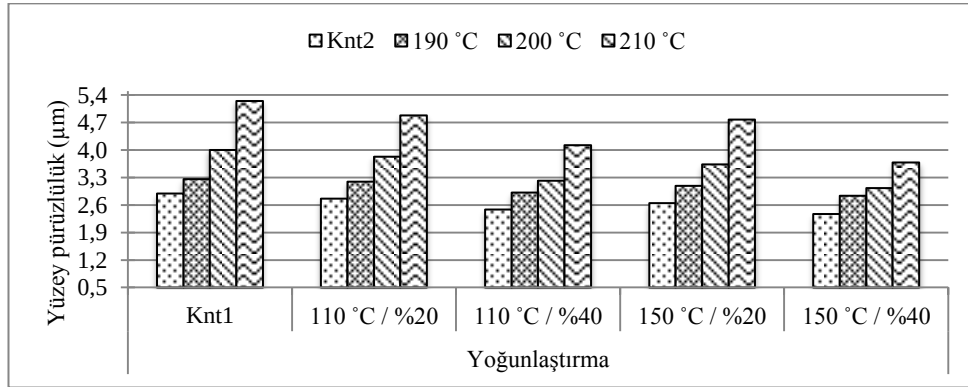
Çizelge 5.106. Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı-verniki çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	2,888	G-I	0,966	a	0,969	Za
	190	3,255	F	1,055	Y-a	1,132	V-a
	200	4,002	CD	1,353	R-W	1,379	Q-V
	210	5,246	A*	1,721	P	1,727	P
110 °C / %20	Knt2	2,762	H-J	1,356	R-W	1,534	P-T
	190	3,195	F	1,153	V-a	1,308	T-Y
	200	3,828	DE	1,345	S-W	1,364	Q-V
	210	4,881	B	1,672	P	1,690	P
110 °C / %40	Knt2	2,487	K-M	2,208	NO	2,520	J-L
	190	2,914	GH	1,103	W-a	1,268	U-Y
	200	3,214	F	1,253	U-Y	1,229	V-Y
	210	4,125	C	1,602	P-S	1,605	P-R
150 °C / %20	Knt2	2,647	I-K	1,320	T-X	1,505	P-U
	190	3,083	FG	1,123	V-a	1,344	S-W
	200	3,633	E	1,328	T-X	1,258	U-Y
	210	4,773	B	1,661	P	1,703	P
150 °C / %40	Knt2	2,368	L-N	2,083	O	2,242	M-O
	190	2,838	G-I	1,078	X-a	1,226	V-Z
	200	3,031	FG	1,260	U-Y	1,269	U-Y
	210	3,681	E	1,592	P-S	1,624	PQ
LSD: $\pm 0,2600$							

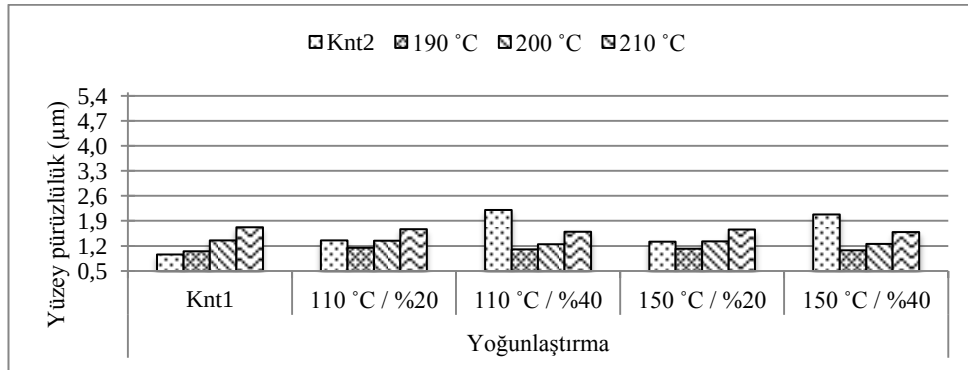
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) örneklerinde (5,246 μm), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt2 (ısıtılmış işlemsiz) ve Tbs uygulanan örneklerinde (0,966 μm) elde edilmiştir.

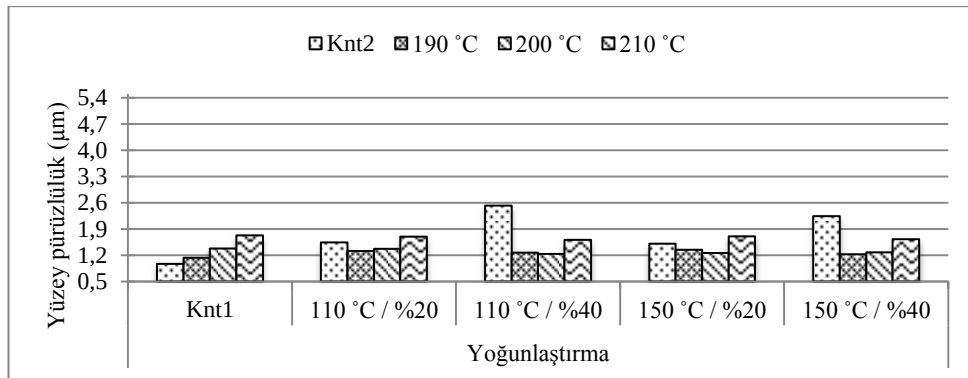
Knt3 (verniksiz), Tbs uygulanmış ve Çbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.27, Şekil 5.28 ve Şekil 5.29'da verilmiştir.



Şekil 5.27. Knt3 (verniksiz) Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.28. Tbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.29. Çbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

Sarıçam ve Doğu kayınında yüzey pürüzlülüğü

Deney örneklerinden elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.107’de verilmiştir.

Çizelge 5.107. Yüzey pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm)

Ağaç türü	Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
			Knt3		Tbs		Çbs	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Sarıçam	Knt1	Knt2	2,564	0,10	0,749	0,15	1,070	0,05
		190	3,161	0,11	0,780	0,26	1,059	0,25
		200	3,453	0,14	0,938	0,19	1,094	0,33
		210	4,091	0,31	1,289	0,38	1,408	0,16
	110 °C / %20	Knt2	2,604	0,13	1,235	0,27	1,389	0,37
		190	3,003	0,08	0,779	0,14	0,899	0,22
		200	3,301	0,21	0,887	0,13	0,921	0,13
		210	3,901	0,33	1,287	0,34	1,418	0,33
	110 °C / %40	Knt2	2,354	0,11	1,551	0,25	1,708	0,27
		190	2,885	0,20	0,758	0,20	0,962	0,20
		200	3,066	0,25	1,054	0,16	1,029	0,23
		210	3,589	0,18	1,326	0,25	1,384	0,14
	150 °C / %20	Knt2	2,457	0,12	1,140	0,35	1,280	0,16
		190	2,924	0,19	0,672	0,11	0,820	0,18
		200	3,169	0,17	0,956	0,25	0,950	0,19
		210	3,762	0,33	1,251	0,30	1,400	0,30
	150 °C / %40	Knt2	2,220	0,08	1,446	0,35	1,573	0,17
		190	2,767	0,25	0,745	0,13	0,984	0,26
		200	2,805	0,19	0,954	0,37	0,979	0,17
		210	3,102	0,28	1,273	0,54	1,371	0,29
Doğu kayını	Knt1	Knt2	2,888	0,23	0,966	0,08	0,969	0,11
		190	3,255	0,18	1,055	0,09	1,132	0,12
		200	4,002	0,21	1,353	0,15	1,379	0,23
		210	5,246	0,66	1,721	0,11	1,727	0,21
	110 °C / %20	Knt2	2,762	0,11	1,356	0,12	1,534	0,16
		190	3,195	0,24	1,153	0,09	1,308	0,21
		200	3,828	0,39	1,345	0,24	1,364	0,18
		210	4,881	0,81	1,672	0,07	1,690	0,40
	110 °C / %40	Knt2	2,487	0,10	2,208	0,47	2,520	0,25
		190	2,914	0,18	1,103	0,12	1,268	0,13
		200	3,214	0,28	1,253	0,10	1,229	0,20
		210	4,125	0,76	1,602	0,14	1,605	0,27
	150 °C / %20	Knt2	2,647	0,34	1,320	0,19	1,505	0,26
		190	3,083	0,29	1,123	0,05	1,344	0,15
		200	3,633	0,34	1,328	0,13	1,258	0,09
		210	4,773	0,47	1,661	0,21	1,703	0,22
	150 °C / %40	Knt2	2,368	0,10	2,083	0,35	2,242	0,41
		190	2,838	0,08	1,078	0,09	1,226	0,17
		200	3,031	0,25	1,260	0,24	1,269	0,21
		210	3,681	0,27	1,592	0,17	1,624	0,36

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Ağaç türü, yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.108’de verilmiştir.

Çizelge 5.108. Yüzey pürüzlülük değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	29,473	29,473	501,4863	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	2,236	0,559	9,5104	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	64,869	21,623	367,9187	0,0000*
Vernik çeşidi (D)	2	825,286	412,643	7021,2035	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	0,127	0,032	0,5420	-----Ns
Etkileşim (AC)	3	1,936	0,645	10,9829	0,0000*
Etkileşim (AD)	2	0,226	0,113	1,9228	0,1468Ns
Etkileşim (BC)	12	18,289	1,524	25,9321	0,0000*
Etkileşim (BD)	8	24,079	3,010	51,2139	0,0000*
Etkileşim (CD)	6	71,856	11,976	203,7748	0,0000*
Etkileşim (ABC)	12	3,487	0,291	4,9441	0,0000*
Etkileşim (ABD)	8	1,781	0,223	3,7876	0,0002*
Etkileşim (ACD)	6	4,777	0,796	13,5468	0,0000*
Etkileşim (BCD)	24	5,418	0,226	3,8415	0,0000*
Etkileşim (ABCD)	24	0,867	0,036	0,6148	-----Ns
Hata	840	49,368	0,059		
Toplam	959	1104,076			

*= 0,05’e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde ağaç türü-yoğunlaştırma ve ağaç türü-vernik çeşidi ikili etkileşimleri ile ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dördü etkileşimi önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi düzeyinde, yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.109, Çizelge 5.110, Çizelge 5.111 ve Çizelge 5.112’de verilmiştir.

Çizelge 5.109. Ağaç türü düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	1,766	B
Doğu kayını	2,116	A*
LSD: $\pm 0,0308$		

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

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, Doğu kayını örneklerinde yüksek (2,116 μm), sarıçam örneklerinde daha düşük (1,766 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.110. Yoğunlaştırma düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	1,973	A*
110 °C / %20	1,988	A*
110 °C / %40	1,966	AB
150 °C / %20	1,923	B
150 °C / %40	1,855	C
LSD: $\pm 0,0486$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örnekleri (1,988 μm) ile Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde (1,973 μm), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (1,855 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.111. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	1,840	B
190	1,676	C
200	1,877	B
210	2,372	A*
LSD: $\pm 0,0435$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek 210 °C ısıtma işlemli deney örneklerinde (2,372 μm), en düşük ise 190 °C ısıtma işlemli deney örneklerinde (1,676 μm)

μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.112. Vernik çeşidi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Knt3	3,251	A*
Tbs	1,232	C
Çbs	1,340	B
LSD: $\pm 0,0377$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (3,251 μm), en düşük ise Tbs uygulanmış deney örneklerinde (1,232 μm) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.113’de verilmiştir.

Çizelge 5.113. Ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	1,690	E	1,990	C
190	1,546	F	1,805	D
200	1,704	E	2,050	C
210	2,124	B	2,620	A*
LSD: $\pm 0,0615$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek 210 $^{\circ}\text{C}$ ısıtma işlemli Doğu kayını örneklerinde (2,620 μm), en düşük ise 190 $^{\circ}\text{C}$ ısıtma işlemli sarıçamda örneklerinde (1,546 μm) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu

karşılaştırması Çizelge 5.114’de verilmiştir.

Çizelge 5.114. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	1,534	M	1,740	I-K	2,036	EF	2,580	A*
110 °C / %20	1,814	HI	1,723	I-K	1,941	FG	2,475	B
110 °C / %40	2,138	D	1,648	KL	1,808	H-J	2,272	C
150 °C / %20	1,725	I-K	1,661	KL	1,882	GH	2,425	B
150 °C / %40	1,989	F	1,606	LM	1,716	JK	2,107	DE
LSD: $\pm 0,0973$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtma işlemli deney örneklerinde (2,580 μm), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt2 (ısıtma işlemsiz) deney örneklerinde (1,534 μm) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-vernici çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.115’de verilmiştir.

Çizelge 5.115. Yoğunlaştırma-vernici çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Vernici çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	3,583	A*	1,106	L	1,230	I-K
110 °C / %20	3,435	B	1,214	JK	1,315	H
110 °C / %40	3,079	D	1,357	GH	1,463	F
150 °C / %20	3,306	C	1,181	KL	1,283	H-J
150 °C / %40	2,852	E	1,304	HI	1,408	FG
LSD: $\pm 0,0843$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernici, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernici

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (3,583 μm), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Tbs uygulanmış deney örneklerinde (1,106 μm) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.116'da verilmiştir.

Çizelge 5.116. Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	2,535	D	1,405	G	1,579	E
190	3,003	C	0,924	I	1,100	H
200	3,350	B	1,133	H	1,147	H
210	4,115	A*	1,467	FG	1,533	EF
LSD: $\pm 0,0754$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (4,115 μm), en düşük ise 190 °C ısıtılmış Tbs uygulanmış deney örneklerinde (0,924 μm) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.117'de verilmiştir.

Çizelge 5.117. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	1,461	V	1,607	P-U
	190	1,666	O-S	1,814	I-N
	200	1,828	I-N	2,245	EF
	210	2,263	EF	2,898	A*
110 °C / %20	Knt2	1,744	K-P	1,884	IJ
	190	1,560	R-V	1,885	IJ
	200	1,703	N-Q	2,179	E-H
	210	2,202	E-H	2,747	B
110 °C / %40	Knt2	1,871	I-K	2,405	CD
	190	1,535	S-V	1,762	J-O
	200	1,717	L-Q	1,899	IJ
	210	2,100	GH	2,444	C
150 °C / %20	Knt2	1,626	O-T	1,824	I-N
	190	1,472	UV	1,850	I-M
	200	1,692	N-R	2,073	H
	210	2,137	F-H	2,712	B
150 °C / %40	Knt2	1,746	K-O	2,231	E-G
	190	1,499	T-V	1,714	M-Q
	200	1,579	Q-V	1,854	I-L
	210	1,916	I	2,299	DE
LSD: $\pm 0,1376$					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtma işlemli Doğu kayını örneklerinde (2,898 μm), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt2 (ısıtma işlemsiz) sarıçam örneklerinde (1,461 μm) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-vernici çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.118’de verilmiştir.

Çizelge 5.118. Ağaç türü-yoğunlaştırma-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	Yoğunlaştırma	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	Knt1	3,317	D	0,939	T	1,158	O-R
	110 °C / %20	3,203	DE	1,047	R-T	1,157	O-R
	110 °C / %40	2,974	G	1,172	O-Q	1,271	M-O
	150 °C / %20	3,078	FG	1,005	ST	1,113	P-S
	150 °C / %40	2,724	H	1,105	Q-S	1,227	N-P
Doğu kayını	Knt1	3,848	A*	1,273	M-O	1,302	MN
	110 °C / %20	3,666	B	1,381	LM	1,474	J-L
	110 °C / %40	3,185	EF	1,542	I-K	1,655	I
	150 °C / %20	3,534	C	1,358	LM	1,452	KL
	150 °C / %40	2,980	G	1,503	JK	1,590	IJ
LSD: $\pm 0,1192$							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt3 (verniksiz) Doğu kayını örneklerinde (3,848 μm), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Tbs uygulanmış sarıçam örneklerinde (0,939 μm) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.119’da verilmiştir.

Çizelge 5.119. Ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	Isıtma işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	Knt2	2,441	G	1,224	K	1,404	J
	190	2,948	E	0,747	N	0,945	M
	200	3,159	D	0,958	M	0,995	M
	210	3,689	B	1,285	K	1,396	J
Doğu kayını	Knt2	2,630	F	1,587	I	1,754	H
	190	3,057	D	1,102	L	1,256	K
	200	3,542	C	1,308	JK	1,300	JK
	210	4,541	A*	1,650	HI	1,669	HI
LSD: $\pm 0,1066$							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt2: Isıtma işlemi yapılmamış, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) Doğu kayını örneklerinde (4,541 µm), en düşük ise 190 °C ısıtılmış Tbs uygulanmış sarıçam örneklerinde (0,747 µm) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı-verniki çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.120’de verilmiştir.

Çizelge 5.120. Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı-verniki çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey pürüzlülük değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	2,726	K	0,857	a	1,020	W-Z
	190	3,208	G	0,917	Z	1,096	V-Y
	200	3,728	CD	1,145	U-V	1,237	T-V
	210	4,669	A*	1,505	QR	1,567	Q
110 °C / %20	Knt2	2,685	KL	1,296	S-U	1,462	Q-S
	190	3,099	GH	0,966	X-Z	1,104	V-X
	200	3,564	DE	1,116	V-X	1,143	U-W
	210	4,391	B	1,479	QR	1,554	QR
110 °C / %40	Knt2	2,421	MN	1,880	P	2,114	O
	190	2,900	IJ	0,931	YZ	1,115	V-X
	200	3,140	GH	1,153	U-W	1,129	U-X
	210	3,857	C	1,464	QR	1,495	QR
150 °C / %20	Knt2	2,552	LM	1,230	T-V	1,393	R-T
	190	3,003	HI	0,897	a	1,082	V-Z
	200	3,401	EF	1,142	U-V	1,104	V-X
	210	4,267	B	1,456	Q-S	1,551	QR
150 °C / %40	Knt2	2,294	N	1,765	P	1,908	P
	190	2,803	JK	0,911	a	1,105	V-X
	200	2,918	IJ	1,107	V-X	1,124	V-X
	210	3,391	F	1,433	Q-S	1,497	QR
LSD: $\pm 0,1686$							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemlenmiş, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çizelgeye göre; yüzey pürüzlülük değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (4,669 µm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt2 (ısıtılmamış) Tbs uygulanmış deney örnekleri (0,857 µm), 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 190 °C ısıtılmış Tbs uygulanmış deney örnekleri (0,897 µm) ve 150 °C

pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 190 °C ısıtılmış Tbs uygulanmış deney örneklerinde (0,911 µm) elde edilmiştir.

5.4.4. Yüzey parlaklığı

Sarıçamda yüzey parlaklığı

Sarıçam örneklerden elde edilen yüzey parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.121’de verilmiştir.

Çizelge 5.121. Sarıçamda yüzey parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	16,36	0,29	79,60	5,01	73,91	2,04
	190	14,26	0,55	79,88	2,49	74,49	4,48
	200	13,68	0,25	77,78	2,73	74,26	1,97
	210	13,37	0,29	70,18	3,31	67,15	2,24
110 °C / %20	Knt2	16,33	0,09	79,23	2,37	71,90	1,93
	190	14,57	0,40	80,53	1,68	75,51	2,47
	200	14,37	0,23	78,85	3,18	74,78	1,18
	210	13,85	0,22	71,44	3,01	67,29	3,89
110 °C / %40	Knt2	16,89	0,24	77,80	1,47	70,80	1,37
	190	14,81	0,16	80,71	2,12	75,22	3,55
	200	14,59	0,19	78,48	2,75	74,03	1,91
	210	14,03	0,26	71,85	6,25	68,78	2,16
150 °C / %20	Knt2	16,76	0,30	79,84	2,48	72,42	2,18
	190	14,71	0,40	81,28	2,10	76,08	3,29
	200	14,35	0,17	77,39	5,32	74,33	2,20
	210	14,02	0,24	72,51	2,04	67,45	1,17
150 °C / %40	Knt2	17,17	0,40	80,17	3,68	71,05	4,11
	190	15,03	0,19	81,40	2,02	75,90	1,77
	200	14,66	0,27	78,11	3,21	75,20	1,87
	210	14,14	0,22	71,97	5,53	69,13	2,51

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Yoğunlaştırma, ısıtılma sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, sarıçamda yüzey parlaklık değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.122’de verilmiştir.

Çizelge 5.122. Sarıçamda yüzey parlaklık değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Yoğunlaştırma (A)	4	30,639	7,660	1,5809	0,1784Ns
Isıl işlem sıcaklığı (B)	3	2415,127	805,042	166,1546	0,0000*
Vernik çeşidi (C)	2	386884,712	193442,356	39925,0445	0,0000*
Etkileşim (AB)	12	69,282	5,774	1,1916	0,2864Ns
Etkileşim (AC)	8	12,069	1,509	0,3114	-----Ns
Etkileşim (BC)	6	1079,364	179,894	37,1288	0,0000*
Etkileşim (ABC)	24	72,551	3,023	0,6239	-----Ns
Hata	420	2034,958	4,845		
Toplam	479	392598,703			

*= 0,05'e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, sarıçamdaki yüzey parlaklık değerleri üzerinde yoğunlaştırma etkisi, yoğunlaştırma-ısıtım sıcaklığı ve yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimleri ile yoğunlaştırma-ısıtım sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi önemsiz diğer tüm etkiler ile ısıtım sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Isıtım sıcaklığı ve vernik çeşidi düzeyinde, sarıçamda yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.123 ve Çizelge 5.124'de verilmiştir.

Çizelge 5.123. Isıtım sıcaklığı düzeyinde sarıçamdaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Isıtım sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	56,01	B
190	56,96	A*
200	55,66	B
210	51,15	C
LSD: ± 0,5586		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt2: Isıtım işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri değeri, en yüksek 190 °C ısıtım işlemli deney örneklerinde (56,96), en düşük ise 210 °C ısıtım işlemli deney örneklerinde (51,15) elde edilmiştir.

Çizelge 5.124. Vernik çeşidi düzeyinde sarıçamdaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Knt3	14,90	C
Tbs	77,45	A*
Çbs	72,48	B
LSD: $\pm 0,4837$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri değeri, en yüksek Tbs uygulanmış deney örneklerinde (77,45), en düşük ise Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (14,90) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, sarıçamda yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.125’de verilmiştir.

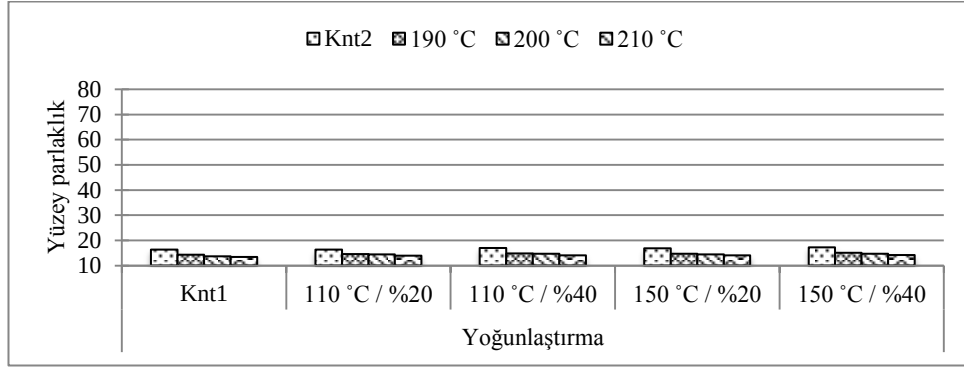
Çizelge 5.125. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	16,70	G	79,33	B	72,01	E
190	14,68	H	80,76	A*	75,44	D
200	14,33	H	78,12	C	74,52	D
210	13,88	H	71,60	E	67,96	F
LSD: $\pm 0,9675$						

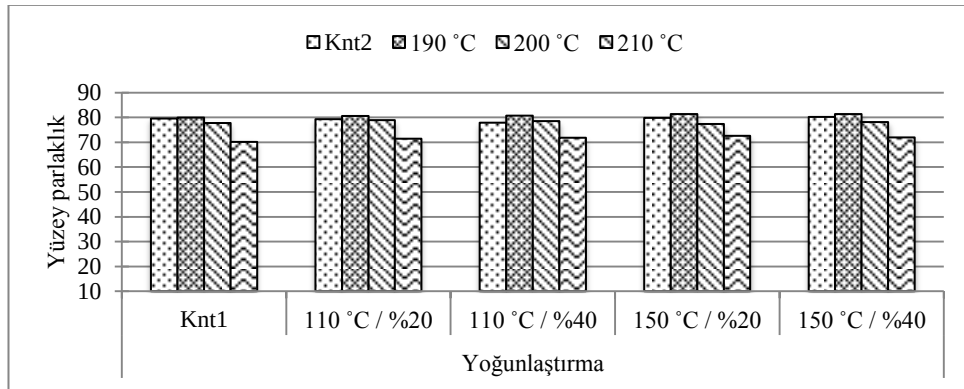
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri değeri, en yüksek 190 °C ısıtılmış Tbs uygulanmış deney örneklerinde (80,76), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örnekleri (13,88), 200 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örnekleri (14,33) ve 190 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (14,68) elde edilmiştir.

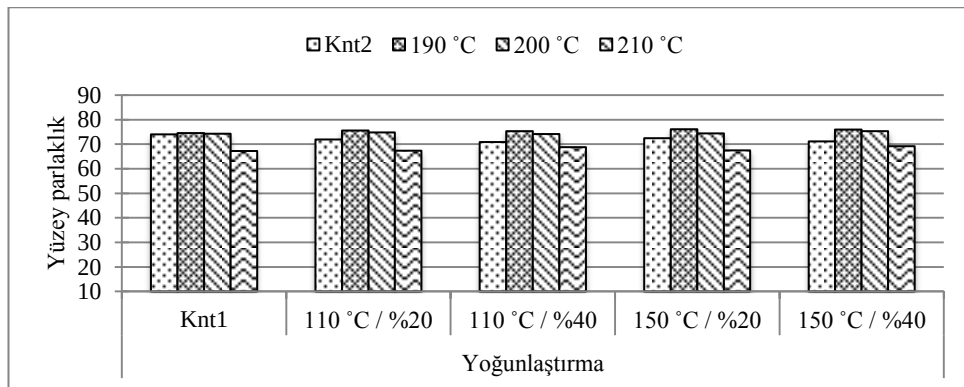
Knt3 (verniksiz), Tbs uygulanmış ve Çbs uygulanmış sarıçamda yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.30, Şekil 5.31 ve Şekil 5.32’de verilmiştir.



Şekil 5.30. Knt3 (verniksiz) sarıçamda yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.31. Tbs uygulanmış sarıçamda yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.32. Çbs uygulanmış sarıçamda yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

Doğu kayınında yüzey parlaklığı

Doğu kayını örneklerden elde edilen yüzey parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.126’da verilmiştir.

Çizelge 5.126. Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	14,83	0,32	74,29	2,60	72,36	1,77
	190	13,49	0,20	73,40	2,02	71,57	2,13
	200	12,90	0,08	69,84	3,21	67,72	2,48
	210	12,09	0,29	63,68	2,16	62,22	2,10
110 °C / %20	Knt2	14,96	0,13	72,67	2,07	68,57	2,24
	190	13,54	0,05	72,96	2,05	70,88	2,02
	200	12,97	0,18	69,09	2,30	67,80	3,01
	210	12,24	0,28	64,19	1,48	62,68	3,40
110 °C / %40	Knt2	15,19	0,12	64,83	2,48	58,67	2,72
	190	13,82	0,17	71,28	0,75	70,13	2,56
	200	13,17	0,23	70,48	1,38	68,81	4,81
	210	12,72	0,34	65,39	1,80	63,61	3,06
150 °C / %20	Knt2	15,01	0,38	72,87	2,20	68,29	2,55
	190	13,84	0,33	73,68	1,62	71,01	2,34
	200	13,02	0,16	70,33	0,81	68,30	5,19
	210	12,43	0,18	63,75	1,70	62,33	1,30
150 °C / %40	Knt2	15,37	0,21	67,68	1,20	64,57	2,82
	190	14,03	0,10	72,40	0,74	70,73	2,30
	200	13,36	0,14	70,66	1,20	68,49	2,11
	210	13,09	0,19	64,69	1,12	63,46	2,15

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, Doğu kayınında yüzey parlaklık değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.127’de verilmiştir.

Çizelge 5.127. Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Yoğunlaştırma (A)	4	162,219	40,555	13,4525	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (B)	3	2211,194	737,065	244,4937	0,0000*
Vernik çeşidi (C)	2	319051,372	159525,686	52916,6986	0,0000*
Etkileşim (AB)	12	759,026	63,252	20,9815	0,0000*
Etkileşim (AC)	8	141,344	17,668	5,8607	0,0000*
Etkileşim (BC)	6	820,310	136,718	45,3512	0,0000*
Etkileşim (ABC)	24	406,625	16,943	5,6201	0,0000*
Hata	420	1266,156	3,015		
Toplam	479	324818,246			

*= 0,05'e göre önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerleri üzerinde yoğunlaştırma, ısıtım işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi etkisi ile bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Yoğunlaştırma, ısıtım işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.128, Çizelge 5.129 ve Çizelge 5.130'da verilmiştir.

Çizelge 5.128. Yoğunlaştırma düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	50,70	A*
110 °C / %20	50,21	AB
110 °C / %40	49,01	C
150 °C / %20	50,40	A*
150 °C / %40	49,88	B
LSD: ± 0,4926		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örnekleri (50,70) ile 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örneklerinde (50,40), en düşük ise 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (49,01) elde edilmiştir.

Çizelge 5.129. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	50,68	B
190	52,45	A*
200	50,46	B
210	46,57	C
LSD: $\pm 0,4406$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek 190 °C ısıtılmış deney örneklerinde (52,45), en düşük ise 210 °C ısıtılmış deney örneklerinde (46,57) elde edilmiştir.

Çizelge 5.130. Vernik çeşidi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Knt3	13,60	C
Tbs	69,41	A*
Çbs	67,11	B
LSD: $\pm 0,3816$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek Tbs uygulanmış deney örneklerinde (69,41), en düşük ise Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (13,60) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.131’de verilmiştir.

Çizelge 5.131. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	53,83	A*	52,82	B	50,16	EF	45,99	I
110 °C / %20	52,06	BC	52,46	BC	49,96	EF	46,37	G-I
110 °C / %40	46,23	HI	51,74	CD	50,82	DE	47,24	G
150 °C / %20	52,06	BC	52,84	AB	50,55	E	46,17	HI
150 °C / %40	49,21	F	52,38	BC	50,84	DE	47,08	GH
LSD: $\pm 0,9853$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt2 (ısıtma işlemsiz) deney örneklerinde (53,83), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtma işlemli deney örneklerinde (45,99) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-vernici çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.132’de verilmiştir.

Çizelge 5.132. Yoğunlaştırma-vernici çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Vernici çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	13,33	G	70,30	A*	68,47	BC
110 °C / %20	13,43	G	69,73	A*	67,48	DE
110 °C / %40	13,72	G	67,99	CD	65,30	F
150 °C / %20	13,57	G	70,16	A*	67,48	DE
150 °C / %40	13,96	G	68,86	B	66,81	E
LSD: $\pm 0,8533$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernici, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernici

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Tbs uygulanmış deney örnekleri (70,30), 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Tbs uygulanmış deney örnekleri (70,16) ve 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Tbs uygulanmış deney örneklerinde (69,73), en

düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (13,33) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.133’de verilmiştir.

Çizelge 5.133. Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	15,07	H	70,47	BC	66,49	E
190	13,74	I	72,74	A*	70,86	B
200	13,09	IJ	70,08	C	68,22	D
210	12,51	J	64,34	F	62,86	G
LSD: $\pm 0,7632$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek 190 °C ısıtılmış Tbs uygulanmış deney örneklerinde (72,74), en düşük ise 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (12,51) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.134’de verilmiştir.

Çizelge 5.134. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

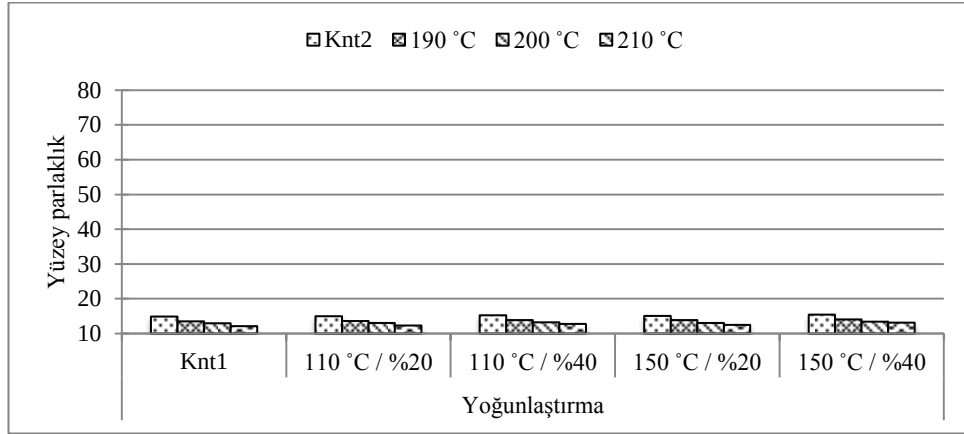
Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	14,83	S-V	74,29	A*	72,36	B-F
	190	13,49	T-Y	73,40	AB	71,57	C-G
	200	12,90	W-Y	69,84	H-L	67,72	M
	210	12,09	Y	63,68	O-Q	62,22	Q
110 °C / %20	Knt2	14,96	S-U	72,67	A-D	68,57	K-M
	190	13,54	T-Y	72,96	A-C	70,88	E-H
	200	12,97	W-Y	69,09	I-M	67,80	M
	210	12,24	XY	64,19	N-P	62,68	PQ
110 °C / %40	Knt2	15,19	ST	64,83	NO	58,67	R
	190	13,82	S-X	71,28	C-H	70,13	G-K
	200	13,17	V-Y	70,48	G-J	68,81	J-M
	210	12,72	W-Y	65,39	N	63,61	O-Q
150 °C / %20	Knt2	15,01	S-U	72,87	A-C	68,29	LM
	190	13,84	S-X	73,68	AB	71,01	D-H
	200	13,02	W-Y	70,33	G-J	68,30	LM
	210	12,43	W-Y	63,75	N-Q	62,33	Q
150 °C / %40	Knt2	15,37	S	67,68	M	64,57	NO
	190	14,03	S-W	72,40	B-E	70,73	E-I
	200	13,36	U-Y	70,66	F-I	68,49	K-M
	210	13,09	W-Y	64,69	NO	63,46	O-Q

LSD: $\pm 1,7070$

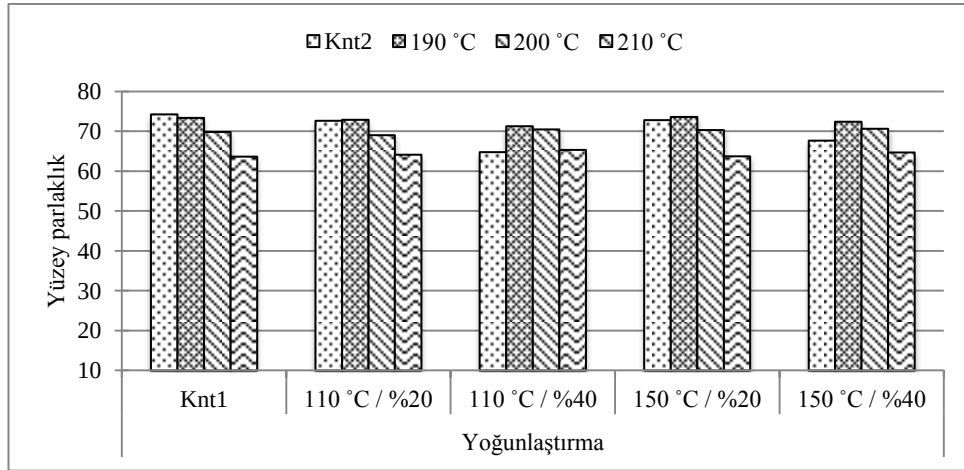
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt2 (ısıtma işlemsiz) ve Tbs uygulanan örneklerinde (74,29), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtma işlemli Knt3 (verniksiz) örneklerinde (12,09) elde edilmiştir

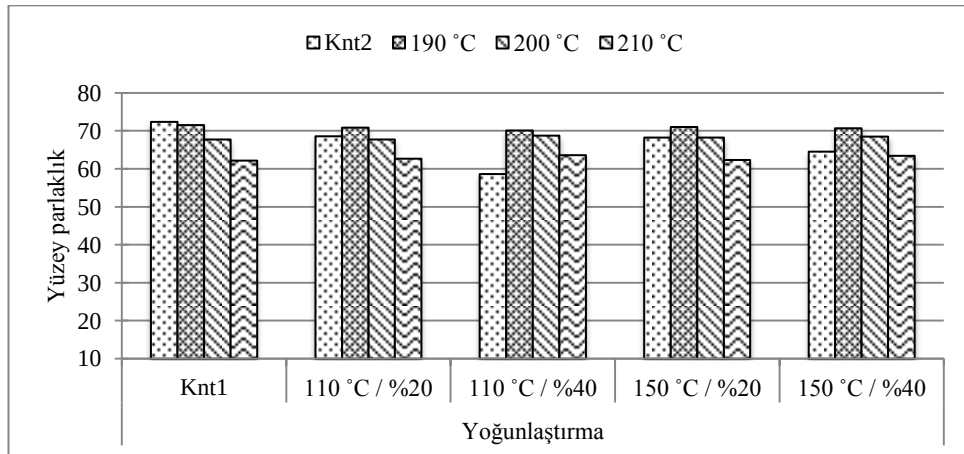
Knt3 (verniksiz), Tbs uygulanmış ve Çbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.33, Şekil 5.34 ve Şekil 5.35’de verilmiştir.



Şekil 5.33. Knt3 (verniksiz) Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.34. Tbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.35. Çbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey parlaklık değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

Sarıçam ve Doğu kayınında yüzey parlaklığı

Deney örneklerinden elde edilen yüzey parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.135’de verilmiştir.

Çizelge 5.135. Yüzey parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar

Ağaç türü	Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
			Knt3		Tbs		Çbs	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Sarıçam	Knt1	Knt2	16,36	0,29	79,60	5,01	73,91	2,04
		190	14,26	0,55	79,88	2,49	74,49	4,48
		200	13,68	0,25	77,78	2,73	74,26	1,97
		210	13,37	0,29	70,18	3,31	67,15	2,24
	110 °C / %20	Knt2	16,33	0,09	79,23	2,37	71,90	1,93
		190	14,57	0,40	80,53	1,68	75,51	2,47
		200	14,37	0,23	78,85	3,18	74,78	1,18
		210	13,85	0,22	71,44	3,01	67,29	3,89
	110 °C / %40	Knt2	16,89	0,24	77,80	1,47	70,80	1,37
		190	14,82	0,16	80,71	2,12	75,22	3,55
		200	14,60	0,19	78,48	2,75	74,03	1,91
		210	14,02	0,26	71,85	6,25	68,78	2,16
	150 °C / %20	Knt2	16,76	0,30	79,84	2,48	72,42	2,18
		190	14,70	0,40	81,28	2,10	76,08	3,29
		200	14,35	0,17	77,39	5,32	74,33	2,20
		210	14,02	0,24	72,51	2,04	67,45	1,17
	150 °C / %40	Knt2	17,17	0,40	80,17	3,68	71,05	4,11
		190	15,03	0,19	81,40	2,02	75,90	1,77
		200	14,66	0,27	78,11	3,21	75,20	1,87
		210	14,14	0,22	71,97	5,53	69,13	2,51
Doğu kayını	Knt1	Knt2	14,83	0,32	74,29	2,60	72,36	1,77
		190	13,49	0,20	73,40	2,02	71,57	2,13
		200	12,90	0,08	69,84	3,21	67,72	2,48
		210	12,09	0,29	63,68	2,16	62,22	2,10
	110 °C / %20	Knt2	14,96	0,13	72,67	2,07	68,57	2,24
		190	13,54	0,05	72,96	2,05	70,88	2,02
		200	12,97	0,18	69,09	2,30	67,80	3,01
		210	12,24	0,28	64,19	1,48	62,68	3,40
	110 °C / %40	Knt2	15,19	0,12	64,83	2,48	58,67	2,72
		190	13,82	0,17	71,28	0,75	70,13	2,56
		200	13,17	0,23	70,48	1,38	68,81	4,81
		210	12,72	0,34	65,39	1,80	63,61	3,06
	150 °C / %20	Knt2	15,01	0,38	72,87	2,20	68,29	2,55
		190	13,84	0,33	73,68	1,62	71,01	2,34
		200	13,02	0,16	70,33	0,81	68,30	5,19
		210	12,43	0,18	63,75	1,70	62,33	1,30
	150 °C / %40	Knt2	15,37	0,21	67,68	1,20	64,57	2,82
		190	14,03	0,10	72,40	0,74	70,73	2,30
		200	13,36	0,14	70,66	1,20	68,49	2,11
		210	13,09	0,19	64,69	1,12	63,46	2,15

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemlsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Ağaç türü, yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, yüzey parlaklık değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.136'da verilmiştir.

Çizelge 5.136. Yüzey parlaklık değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	5774,509	5774,509	1469,3791	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	82,554	20,639	5,2517	0,0004*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	4594,219	1531,406	389,6810	0,0000*
Vernik çeşidi (D)	2	704086,381	352043,190	89580,7568	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	110,303	27,576	7,0169	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	32,102	10,701	2,7228	0,0433*
Etkileşim (AD)	2	1849,703	924,852	235,3373	0,0000*
Etkileşim (BC)	12	589,834	49,153	12,5074	0,0000*
Etkileşim (BD)	8	105,144	13,143	3,3444	0,0009*
Etkileşim (CD)	6	1869,727	311,621	79,2950	0,0000*
Etkileşim (ABC)	12	238,474	19,873	5,0568	0,0000*
Etkileşim (ABD)	8	48,269	6,034	1,5353	0,1409Ns
Etkileşim (ACD)	6	29,947	4,991	1,2701	0,2686Ns
Etkileşim (BCD)	24	320,894	13,371	3,4023	0,0000*
Etkileşim (ABCD)	24	158,283	6,595	1,6782	0,0222*
Hata	840	3301,114	3,930		
Toplam	959	723191,458			

*= 0,05'e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, yüzey parlaklık değerleri üzerinde ağaç türü-yoğunlaştırma-vernik çeşidi ile ağaç türü-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimleri önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi düzeyinde, yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.137, Çizelge 5.138, Çizelge 5.139 ve Çizelge 5.140'da verilmiştir.

Çizelge 5.137. Ağaç türü düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	54,94	A*
Doğu kayını	50,04	B
LSD: $\pm 0,2512$		

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

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, sarıçam örneklerinde yüksek (54,94), Doğu kayını örneklerinde daha düşük (50,04) elde edilmiştir.

Çizelge 5.138. Yoğunlaştırma düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	52,64	A*
110 °C / %20	52,55	A*
110 °C / %40	51,92	B
150 °C / %20	52,75	A*
150 °C / %40	52,60	A*
LSD: $\pm 0,3971$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örnekleri (52,75), Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örnekleri (52,64), 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örnekleri (52,60) ve 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örneklerinde (52,55), en düşük ise 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (51,92) elde edilmiştir.

Çizelge 5.139. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	53,34	B
190	54,70	A*
200	53,06	B
210	48,86	C
LSD: $\pm 0,3552$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek 190 °C ısıtılmalı deney örneklerinde (54,70), en düşük ise 210 °C ısıtılmalı deney örneklerinde (48,86) elde edilmiştir.

Çizelge 5.140. Vernik çeşidi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Knt3	14,25	C
Tbs	73,43	A*
Çbs	69,80	B
LSD: $\pm 0,3076$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek Tbs uygulanmış deney örneklerinde (73,43), en düşük ise Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (14,25) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.141’de verilmiştir.

Çizelge 5.141. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	54,58	B	50,70	C
110 °C / %20	54,89	AB	50,21	CD
110 °C / %40	54,83	AB	49,01	E
150 °C / %20	55,09	AB	50,40	CD
150 °C / %40	55,33	A*	49,88	D
LSD: $\pm 0,5616$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan sarıçam örneklerinde (55,33), en düşük ise 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (49,01) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.142’de verilmiştir.

Çizelge 5.142. Ağaç türü-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	56,01	B	50,68	DE
190	56,96	A*	52,45	C
200	55,66	B	50,46	E
210	51,15	D	46,57	F
LSD: $\pm 0,5023$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek 190 °C ısıtıl işlemli sarıçam örneklerinde (56,96), en düşük ise 210 °C ısıtıl işlemli Doğu kayını örneklerinde (46,57) elde edilmiştir.

Ağaç türü- vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.143’de verilmiştir.

Çizelge 5.143. Ağaç türü- vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt3	14,90	E	13,60	F
Tbs	77,45	A*	69,41	C
Çbs	72,48	B	67,11	D
LSD: $\pm 0,4350$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek Tbs uygulanmış sarıçam örneklerinde (77,45), en düşük ise Knt3 (verniksiz) Doğu kayını örneklerinde (13,60) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.144’de verilmiştir.

Çizelge 5.144. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	55,22	A*	54,51	A-D	52,70	G	48,11	J
110 °C / %20	53,94	D-F	54,66	A-D	52,98	G	48,63	IJ
110 °C / %40	50,69	H	54,33	BD	53,26	FG	49,40	I
150 °C / %20	54,20	CE	55,10	AB	52,95	G	48,75	IJ
150 °C / %40	52,67	G	54,91	A-C	53,41	E-G	49,41	I
LSD: $\pm 0,7943$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (55,22), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (48,11) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.145’de verilmiştir.

Çizelge 5.145. Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	13,87	F	73,58	A*	70,46	C
110 °C / %20	14,10	EF	73,63	A*	69,92	C
110 °C / %40	14,40	EF	72,60	B	68,75	D
150 °C / %20	14,27	EF	73,96	A*	70,03	C
150 °C / %40	14,61	E	73,38	A*	69,81	C
LSD: $\pm 0,6879$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Tbs uygulanmış deney örnekleri (73,96), 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Tbs uygulanmış deney örnekleri (73,63), Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Tbs uygulanmış deney örnekleri (73,58) ve 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Tbs uygulanmış deney örneklerinde (73,38), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (13,87) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı -vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.146'da verilmiştir.

Çizelge 5.146. Isıl işlem sıcaklığı -vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	15,89	I	74,90	B	69,25	F
190	14,21	J	76,75	A*	73,15	D
200	13,71	JK	74,10	C	71,37	E
210	13,20	K	67,97	G	65,41	H
LSD: $\pm 0,6152$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek 190 °C ısıtılmış Tbs uygulanmış deney örneklerinde (76,75), en düşük ise 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (13,20) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde, yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.147’de verilmiştir.

Çizelge 5.147. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	56,62	A-C	53,83	F
	190	56,21	B-E	52,82	FG
	200	55,24	DE	50,16	MN
	210	50,24	L-N	45,99	P
110 °C / %20	Knt2	55,82	B-E	52,06	G-I
	190	56,87	AB	52,46	GH
	200	56,00	B-E	49,96	MN
	210	50,88	J-M	46,37	OP
110 °C / %40	Knt2	55,16	E	46,23	OP
	190	56,92	AB	51,74	G-J
	200	55,70	C-E	50,82	J-M
	210	51,55	H-K	47,24	O
150 °C / %20	Knt2	56,34	A-D	52,06	G-I
	190	57,36	A*	52,84	FG
	200	55,36	DE	50,55	K-M
	210	51,33	I-L	46,17	OP
150 °C / %40	Knt2	56,13	B-E	49,21	N
	190	57,44	A*	52,38	G-I
	200	55,99	B-E	50,84	J-M
	210	51,75	G-J	47,08	OP
LSD: $\pm 1,1230$					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 190 °C ısıtılmış sarıçam örnekleri (57,44) ile 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 190 °C ısıtılmış sarıçam örneklerinde (57,36), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtılmış Doğu kayını örneklerinde (45,99) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.148’de verilmiştir.

Çizelge 5.148. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	15,60	P-R	76,95	AB	73,13	C-F
	190	13,88	S-U	76,64	AB	73,03	D-F
	200	13,29	S-U	73,81	C-E	70,99	HI
	210	12,73	U	66,93	KL	64,68	O
110 °C / %20	Knt2	15,64	P-R	75,95	B	70,23	I
	190	14,05	S-U	76,75	AB	73,19	C-F
	200	13,67	S-U	73,97	C-E	71,29	HI
	210	13,05	TU	67,85	JK	64,98	M-O
110 °C / %40	Knt2	16,04	P	71,31	G-I	64,73	O
	190	14,32	R-T	76,00	B	72,68	E-G
	200	13,88	S-U	74,48	C	71,42	G-I
	210	13,37	S-U	68,62	J	66,19	L-N
150 °C / %20	Knt2	15,88	PQ	76,35	AB	70,35	I
	190	14,27	R-T	77,48	A*	73,55	C-E
	200	13,68	S-U	73,86	C-E	71,32	G-I
	210	13,22	S-U	68,13	JK	64,89	NO
150 °C / %40	Knt2	16,27	P	73,93	C-E	67,81	JK
	190	14,53	Q-S	76,90	AB	73,31	C-E
	200	14,01	S-U	74,38	CD	71,85	F-H
	210	13,62	S-U	68,33	J	66,29	LM

LSD: $\pm 1,3760$

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri, en yüksek 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 190 °C ısıl işlemli Tbs uygulanmış deney örneklerinde (77,48), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıl işlemli Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (12,73) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi dörütlü etkileşimi düzeyinde, yüzey parlaklık değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.149’da verilmiştir.

Çizelge 5.149. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernük çeşidi dörütlü etkileşimi düzeyinde yüzey parlaklık değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
			Knt3		Tbs		Çbs	
			$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	Knt1	Knt2	16,36	e-h	79,60	A-E	73,91	K-Q
		190	14,26	ı-k	79,88	A-D	74,49	I-N
		200	13,68	ı-m	77,78	E-G	74,26	I-P
		210	13,37	ı-m	70,18	U-Y	67,15	Z
	110 °C / %20	Knt2	16,33	e-h	79,23	B-F	71,90	R-U
		190	14,57	h-k	80,53	AB	75,51	H-K
		200	14,37	ı-k	78,85	B-F	74,78	I-M
		210	13,85	ı-m	71,44	R-V	67,29	Z
	110 °C / %40	Knt2	16,89	e-f	77,80	E-G	70,80	T-X
		190	14,82	g-k	80,71	AB	75,22	I-L
		200	14,60	h-k	78,48	C-F	74,03	J-P
		210	14,02	ı-m	71,85	R-U	68,78	YZ
	150 °C / %20	Knt2	16,76	e-g	79,84	A-D	72,42	O-T
		190	14,70	h-k	81,28	A*	76,08	G-I
		200	14,35	ı-k	77,39	F-H	74,33	I-O
		210	14,02	ı-m	72,51	O-T	67,45	Z
	150 °C / %40	Knt2	17,17	e	80,17	A-C	71,05	S-W
		190	15,03	f-j	81,40	A*	75,90	G-J
		200	14,66	h-k	78,11	D-F	75,20	I-L
		210	14,14	ı-l	71,97	Q-U	69,13	W-Z
Doğu kayını	Knt1	Knt2	14,83	g-k	74,29	I-P	72,36	P-T
		190	13,49	ı-m	73,40	L-R	71,57	R-V
		200	12,90	k-m	69,84	V-Y	67,72	Z
		210	12,09	m	63,68	a-c	62,22	c
	110 °C / %20	Knt2	14,96	f-j	72,67	N-T	68,57	YZ
		190	13,54	ı-m	72,96	M-S	70,88	T-X
		200	12,97	k-m	69,09	X-Z	67,80	Z
		210	12,24	lm	64,19	ab	62,68	a-c
	110 °C / %40	Knt2	15,19	f-ı	64,83	a	58,67	d
		190	13,82	ı-m	71,28	S-V	70,13	U-Y
		200	13,17	j-m	70,48	TY	68,81	YZ
		210	12,72	k-m	65,39	Za	63,61	abc
	150 °C / %20	Knt2	15,01	f-j	72,87	M-S	68,29	YZ
		190	13,84	ı-m	73,68	K-R	71,01	S-W
		200	13,02	k-m	70,33	T-Y	68,30	YZ
		210	12,43	l-m	63,75	abc	62,33	c
	150 °C / %40	Knt2	15,37	f-ı	67,68	Z	64,57	a
		190	14,03	ı-m	72,40	O-T	70,73	T-Y
		200	13,36	ı-m	70,66	T-Y	68,49	YZ
		210	13,09	j-m	64,69	a	63,46	a-c

LSD: ± 1,9460

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey parlaklık değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey parlaklık değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 190 °C ısıtılmış Tbs uygulanmış sarıçam örnekleri (81,40) ile 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 190 °C ısıtılmış Tbs uygulanmış sarıçam örneklerinde (81,28), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) Doğu kayını örneklerinde (12,09) elde edilmiştir.

5.4.5. Pandüllü (salınımsal) yüzey sertliği

Sarıçamda pandüllü (salınımsal) yüzey sertliği

Sarıçam örneklerden elde edilen yüzey sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.150’de verilmiştir.

Çizelge 5.150. Sarıçamda yüzey sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar (salınım)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	38,63	0,92	48,13	1,73	47,13	2,23
	190	38,50	5,01	49,88	2,17	50,75	2,12
	200	39,13	3,18	50,75	2,05	51,63	2,39
	210	37,50	3,78	50,38	2,39	49,63	2,92
110 °C / %20	Knt2	41,13	2,85	43,50	2,07	43,38	2,00
	190	40,75	4,13	50,63	2,83	50,50	1,60
	200	41,38	4,03	50,38	2,33	52,13	1,96
	210	40,38	2,72	50,88	2,53	49,63	2,26
110 °C / %40	Knt2	42,88	2,70	38,63	1,85	41,00	2,14
	190	44,00	2,73	49,88	2,64	50,00	2,27
	200	44,00	2,45	50,75	2,38	53,00	1,77
	210	42,75	3,92	53,88	2,85	51,38	2,97
150 °C / %20	Knt2	40,88	4,88	44,00	2,07	43,38	2,72
	190	41,38	3,74	51,00	2,51	51,38	2,77
	200	40,75	2,05	51,00	2,67	51,00	2,88
	210	39,63	4,53	49,63	2,97	49,13	2,10
150 °C / %40	Knt2	43,13	1,96	39,38	2,26	40,63	2,50
	190	43,38	3,11	49,50	2,07	50,88	2,17
	200	43,50	2,98	51,13	2,85	51,50	2,14
	210	42,13	1,89	51,13	2,85	50,88	2,70

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, sarıçamda yüzey sertlik değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.151’de verilmiştir.

Çizelge 5.151. Sarıçamda yüzey sertlik değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Yoğunlaştırma (A)	4	43,158	10,790	1,4276	0,2239Ns
Isıl işlem sıcaklığı (B)	3	2524,650	841,550	111,3495	0,0000*
Vernik çeşidi (C)	2	6074,254	3037,127	401,8566	0,0000*
Etkileşim (AB)	12	496,308	41,359	5,4724	0,0000*
Etkileşim (AC)	8	578,767	72,346	9,5724	0,0000*
Etkileşim (BC)	6	1333,713	222,285	29,4116	0,0000*
Etkileşim (ABC)	24	254,767	10,615	1,4046	0,0986Ns
Hata	420	3174,250	7,558		
Toplam	479	14479,867			

*= 0,05’e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, sarıçamdaki yüzey sertlik değerleri üzerinde yoğunlaştırma etkisi ile yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Isıl işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi düzeyinde, sarıçamda yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.152 ve Çizelge 5.153’de verilmiştir.

Çizelge 5.152. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde sarıçamdaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	42,38	C
190	47,49	AB
200	48,13	A*
210	47,26	B
LSD: ± 0,6976		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemlsiz

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek 200 °C ısıtılmış deney örneklerinde (48,13), en düşük ise Knt2 (ısıtılmamış) deney örneklerinde (42,38) elde edilmiştir.

Çizelge 5.153. Vernik çeşidi düzeyinde sarıçamdaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Knt3	41,29	B
Tbs	48,72	A*
Çbs	48,94	A*
LSD: $\pm 0,6042$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Çbs uygulanmış deney örnekleri (48,94) ile Tbs uygulanmış deney örneklerinde (48,72), en düşük ise Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (41,29) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, sarıçamda yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.154’de verilmiştir.

Çizelge 5.154. Yoğunlaştırma-ısıtılmış işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıtılmış işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	44,63	G	46,38	D-F	47,17	B-F	45,83	FG
110 °C / %20	42,67	H	47,29	B-F	47,96	A-C	46,96	C-F
110 °C / %40	40,83	I	47,96	A-C	49,25	A*	49,33	A*
150 °C / %20	42,75	H	47,92	A-D	47,58	B-E	46,13	E-G
150 °C / %40	41,04	I	47,92	A-D	48,71	AB	48,04	A-C
LSD: $\pm 1,5600$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıtılmamış

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 210 °C ısıtılmış deney örnekleri

(49,33) ile 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 200 °C ısıtılmış deney örneklerinde (49,25), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtılmış) deney örnekleri (40,83) ile 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtılmış) deney örneklerinde (41,04) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, sarıçamda yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.155’de verilmiştir.

Çizelge 5.155. Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	38,44	E	49,79	A*	49,78	A*
110 °C / %20	40,91	D	48,84	AB	48,91	AB
110 °C / %40	43,41	C	48,28	B	48,84	AB
150 °C / %20	40,66	D	48,91	AB	48,72	AB
150 °C / %40	43,03	C	47,78	B	48,47	AB
LSD: $\pm 1,3510$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Tbs uygulanmış deney örnekleri (49,79) ile Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Çbs uygulanmış deney örneklerinde (49,79), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (38,44) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, sarıçamda yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.156’da verilmiştir.

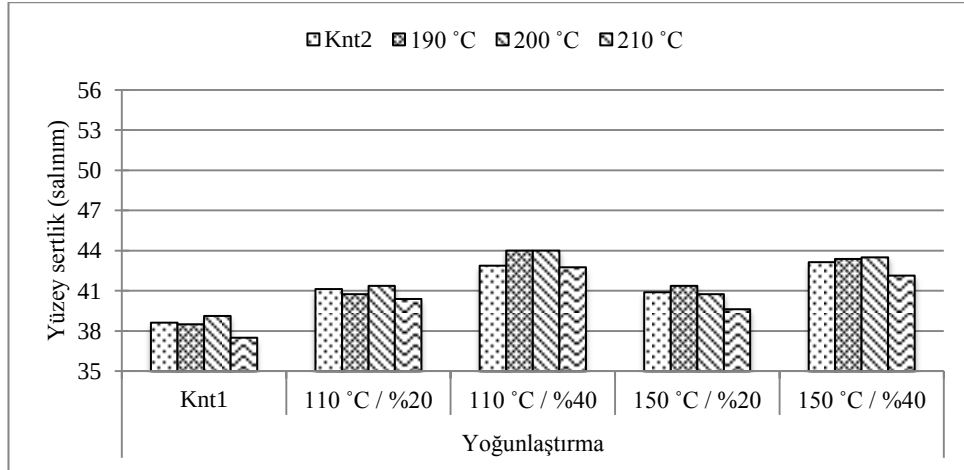
Çizelge 5.156. Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamdaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	41,33	EF	42,72	CD	43,10	C
190	41,60	D-F	50,17	B	50,70	AB
200	41,75	DE	50,80	AB	51,85	A*
210	40,47	F	51,17	AB	50,13	B
LSD: $\pm 1,2080$						

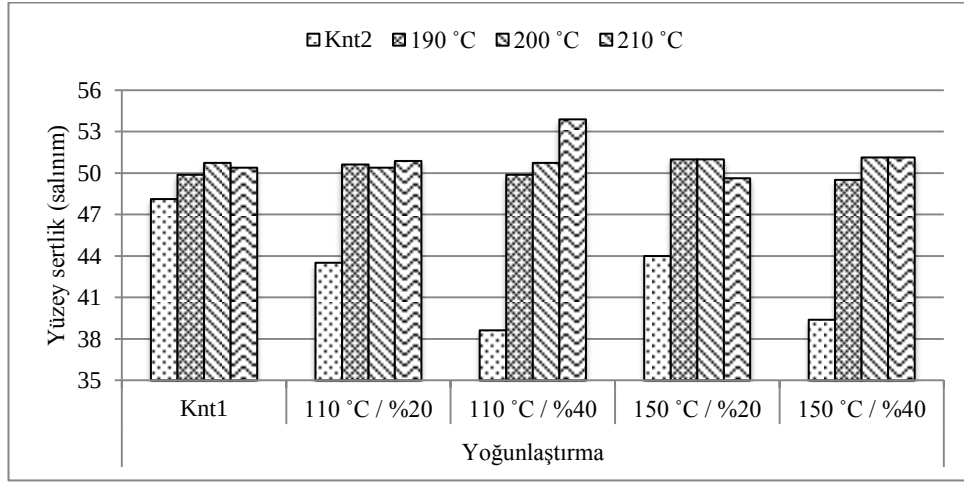
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek 200 °C ısıl işlemli Tbs uygulanmış deney örneklerinde (51,85), en düşük ise 210 °C ısıl işlemli Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (40,47) elde edilmiştir.

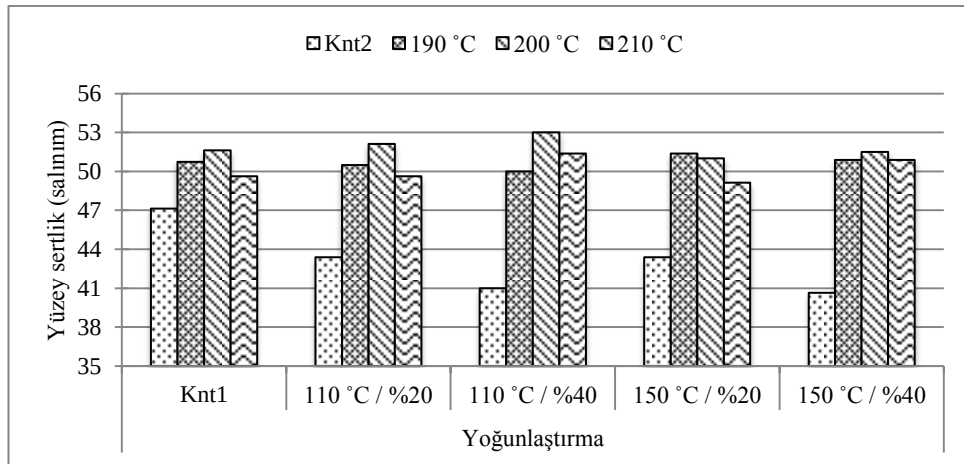
Knt3 (verniksiz), Tbs uygulanmış ve Çbs uygulanmış sarıçamda yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.36, Şekil 5.37 ve Şekil 5.38'de verilmiştir.



Şekil 5.36. Knt3 (verniksiz) sarıçamda yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.37. Tbs uygulanmış sarıçamda yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.38. Çbs uygulanmış sarıçamda pandüllü sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

Doğu kayınında pandüllü (salınımsal) yüzey sertliği

Doğu kayını örneklerden elde edilen yüzey sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.157’de verilmiştir.

Çizelge 5.157. Doğu kaynında yüzey sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar (salınım)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	47,63	2,33	53,50	2,78	52,75	2,49
	190	48,75	2,49	53,13	2,36	53,13	2,59
	200	49,63	2,39	53,63	2,62	53,38	2,67
	210	46,25	2,19	52,63	1,51	52,00	1,69
110 °C / %20	Knt2	49,88	2,36	54,00	2,07	52,38	2,72
	190	51,00	2,27	52,25	2,31	51,75	2,12
	200	52,00	0,93	51,88	0,99	52,63	2,26
	210	48,25	2,66	52,13	2,30	52,38	2,20
110 °C / %40	Knt2	52,13	1,36	50,88	2,80	49,13	2,36
	190	53,50	2,45	55,50	2,45	54,38	2,00
	200	53,63	1,85	54,63	2,62	55,00	2,07
	210	51,75	2,96	53,50	2,33	53,38	2,72
150 °C / %20	Knt2	49,50	1,60	53,38	2,45	52,00	2,93
	190	51,50	2,27	51,75	2,60	51,25	3,11
	200	51,38	2,45	53,50	2,27	54,13	2,30
	210	48,63	2,92	52,38	2,72	51,50	1,77
150 °C / %40	Knt2	51,75	2,25	51,50	1,51	50,63	1,77
	190	52,63	2,39	55,88	2,10	54,00	2,83
	200	53,50	2,45	54,88	2,23	54,63	2,00
	210	52,00	2,39	54,13	0,99	53,13	2,36

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Yoğunlaştırma, ısı işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, Doğu kaynında yüzey sertlik değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.158’de verilmiştir.

Çizelge 5.158. Doğu kaynında yüzey sertlik değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Yoğunlaştırma (A)	4	290,083	72,521	13,5493	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (B)	3	274,675	91,558	17,1061	0,0000*
Vernik çeşidi (C)	2	542,717	271,358	50,6986	0,0000*
Etkileşim (AB)	12	220,700	18,392	3,4362	0,0000*
Etkileşim (AC)	8	249,617	31,202	5,8296	0,0000*
Etkileşim (BC)	6	70,650	11,775	2,2000	0,0421*
Etkileşim (ABC)	24	152,350	6,348	1,1860	0,2494Ns
Hata	420	2248,000	5,352		
Toplam	479	4048,792			

*= 0,05’e göre önemli

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerleri üzerinde yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernici çeşidi üçlü etkileşimi önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernici çeşidi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.159, Çizelge 5.160 ve Çizelge 5.161’de verilmiştir.

Çizelge 5.159. Yoğunlaştırma düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	51,36	B
110 °C / %20	51,71	B
110 °C / %40	53,11	A*
150 °C / %20	51,74	B
150 °C / %40	53,22	A*
LSD: $\pm 0,6564$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örnekleri (53,22) ile 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (53,11), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde (51,36) elde edilmiştir.

Çizelge 5.160. Isıtma işlem sıcaklığı düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıtma işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	51,40	B
190	52,69	A*
200	53,22	A*
210	51,60	B
LSD: $\pm 0,5871$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt2: Isıtma işlemli

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 °C ısıtma işlemli deney örnekleri (53,22) ile 190 °C ısıtma işlemli deney

örneklerinde (52,69), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örnekleri (51,40) ile 210 °C ısıl işlemlili deney örneklerinde (51,60) elde edilmiştir.

Çizelge 5.161. Vernik çeşidi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Knt3	50,76	C
Tbs	53,25	A*
Çbs	52,67	B
LSD: $\pm 0,5084$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek Tbs uygulanmış deney örneklerinde (53,25), en düşük ise Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (50,76) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.162’de verilmiştir.

Çizelge 5.162. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	51,29	F-I	51,67	E-H	52,21	D-F	50,29	I
110 °C / %20	52,08	D-G	51,67	E-H	52,17	D-F	50,92	F-I
110 °C / %40	50,71	HI	54,46	A*	54,42	A*	52,88	C-E
150 °C / %20	51,63	E-H	51,50	F-I	53,00	CD	50,83	G-I
150 °C / %40	51,29	F-I	54,17	A-C	54,33	AB	53,08	B-D
LSD: $\pm 1,3130$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 190 °C ısıl işlemlili deney örnekleri (54,46) ile 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 200 °C ısıl işlemlili deney

örneklerinde (54,42), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtma işlemli deney örneklerinde (50,29) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.163’de verilmiştir.

Çizelge 5.163. Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	48,06	E	53,22	A-C	52,81	BC
110 °C / %20	50,28	D	52,56	BC	52,28	C
110 °C / %40	52,75	BC	53,63	AB	52,97	A-C
150 °C / %20	50,25	D	52,75	BC	52,22	C
150 °C / %40	52,47	C	54,09	A*	53,09	A-C
LSD: $\pm 1,1370$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Tbs uygulanmış deney örneklerinde (54,09), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (48,06) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması 5.164’de verilmiştir.

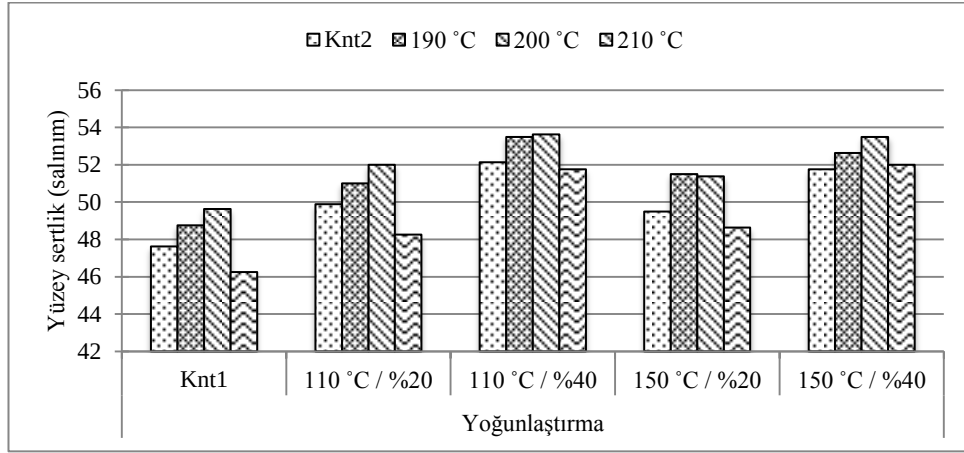
Çizelge 5.164. Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınındaki yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	50,17	F	52,65	C	51,38	E
190	51,47	DE	53,70	AB	52,90	BC
200	52,03	C-E	53,70	AB	53,95	A*
210	49,38	F	52,95	A-C	52,47	CD
LSD: $\pm 1,0170$						

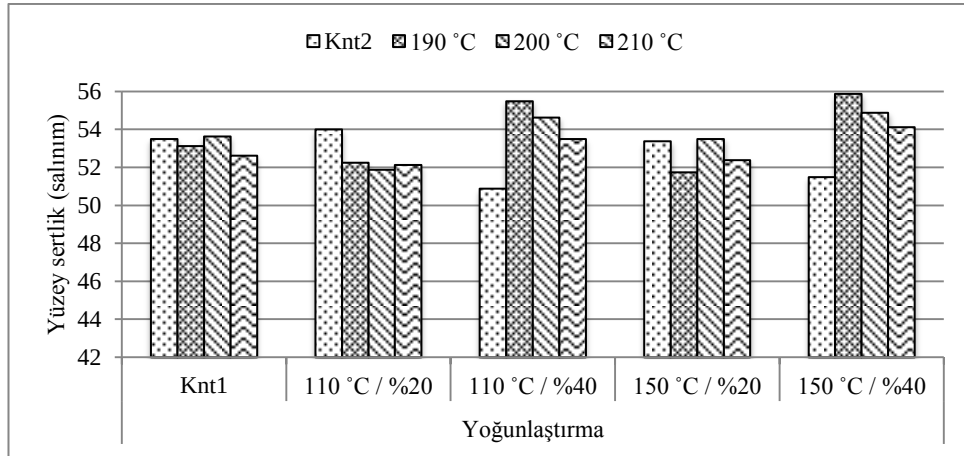
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek 200 °C ısıtılmış Tbs uygulanmış deney örneklerinde (53,95), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örnekleri (49,38) ile Knt2 (ısıtılmıy) Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (50,17) elde edilmiştir.

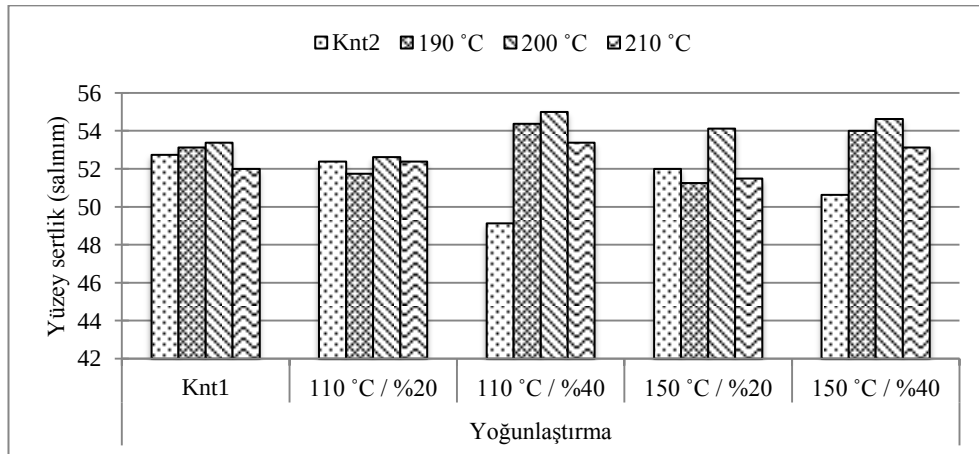
Knt3 (verniksiz), Tbs uygulanmış ve Çbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.39, Şekil 5.40 ve Şekil 5.41’de verilmiştir.



Şekil 5.39. Knt3 (verniksiz) Doğu kayınında yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.40. Tbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.41. Çbs uygulanmış Doğu kayınında yüzey sertlik değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

Sarıçam ve Doğu kayınında pandüllü (salınımsal) yüzey sertliği

Deney örneklerinden elde edilen yüzey sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.165’de verilmiştir.

Çizelge 5.165. Yüzey sertlik değerlerine ait aritmetik ortalamalar (salınım)

Ağaç türü	Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi					
			Knt3		Tbs		Çbs	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Sarıçam	Knt1	Knt2	38,63	0,92	48,13	1,73	47,13	2,23
		190	38,50	5,01	49,88	2,17	50,75	2,12
		200	39,13	3,18	50,75	2,05	51,63	2,39
		210	37,50	3,78	50,38	2,39	49,63	2,92
	110 °C / %20	Knt2	41,13	2,85	43,50	2,07	43,38	2,00
		190	40,75	4,13	50,63	2,83	50,50	1,60
		200	41,38	4,03	50,38	2,33	52,13	1,96
		210	40,38	2,72	50,88	2,53	49,63	2,26
	110 °C / %40	Knt2	42,88	2,70	38,63	1,85	41,00	2,14
		190	44,00	2,73	49,88	2,64	50,00	2,27
		200	44,00	2,45	50,75	2,38	53,00	1,77
		210	42,75	3,92	53,88	2,85	51,38	2,97
	150 °C / %20	Knt2	40,88	4,88	44,00	2,07	43,38	2,72
		190	41,38	3,74	51,00	2,51	51,38	2,77
		200	40,75	2,05	51,00	2,67	51,00	2,88
		210	39,63	4,53	49,63	2,97	49,13	2,10
	150 °C / %40	Knt2	43,13	1,96	39,38	2,26	40,63	2,50
		190	43,38	3,11	49,50	2,07	50,88	2,17
		200	43,50	2,98	51,13	2,85	51,50	2,14
		210	42,13	1,89	51,13	2,85	50,88	2,70
Doğu kayını	Knt1	Knt2	47,63	2,33	53,50	2,78	52,75	2,49
		190	48,75	2,49	53,13	2,36	53,13	2,59
		200	49,63	2,39	53,63	2,62	53,38	2,67
		210	46,25	2,19	52,63	1,51	52,00	1,69
	110 °C / %20	Knt2	49,88	2,36	54,00	2,07	52,38	2,72
		190	51,00	2,27	52,25	2,31	51,75	2,12
		200	52,00	0,93	51,88	0,99	52,63	2,26
		210	48,25	2,66	52,13	2,30	52,38	2,20
	110 °C / %40	Knt2	52,13	1,36	50,88	2,80	49,13	2,36
		190	53,50	2,45	55,50	2,45	54,38	2,00
		200	53,63	1,85	54,63	2,62	55,00	2,07
		210	51,75	2,96	53,50	2,33	53,38	2,72
	150 °C / %20	Knt2	49,50	1,60	53,38	2,45	52,00	2,93
		190	51,50	2,27	51,75	2,60	51,25	3,11
		200	51,38	2,45	53,50	2,27	54,13	2,30
		210	48,63	2,92	52,38	2,72	51,50	1,77
	150 °C / %40	Knt2	51,75	2,25	51,50	1,51	50,63	1,77
		190	52,63	2,39	55,88	2,10	54,00	2,83
		200	53,50	2,45	54,88	2,23	54,63	2,00
		210	52,00	2,39	54,13	0,99	53,13	2,36

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Ağaç türü, yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, yüzey sertlik değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.166'da verilmiştir.

Çizelge 5.166. Yüzey sertlik değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	8389,837	8389,837	1299,7305	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	263,569	65,892	10,2078	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	2002,237	667,412	103,3937	0,0000*
Vernik çeşidi (D)	2	5068,402	2534,201	392,5914	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	69,673	17,418	2,6984	0,0297*
Etkileşim (AC)	3	797,087	265,696	41,1609	0,0000*
Etkileşim (AD)	2	1548,569	774,284	119,9500	0,0000*
Etkileşim (BC)	12	586,773	48,898	7,5751	0,0000*
Etkileşim (BD)	8	772,431	96,554	14,9579	0,0000*
Etkileşim (CD)	6	812,581	135,430	20,9805	0,0000*
Etkileşim (ABC)	12	130,235	10,853	1,6813	0,0660Ns
Etkileşim (ABD)	8	55,952	6,994	1,0835	0,3723Ns
Etkileşim (ACD)	6	591,781	98,630	15,2795	0,0000*
Etkileşim (BCD)	24	268,752	11,198	1,7348	0,0160*
Etkileşim (ABCD)	24	138,365	5,765	0,8931	-----Ns
Hata	840	5422,250	6,455		
Toplam	959	26918,496			

*= 0,05'e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, yüzey sertlik değerleri üzerinde ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ile ağaç türü-yoğunlaştırma-vernik çeşidi üçlü etkileşimleri ve ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dördü etkileşimi önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi düzeyinde, yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.167, Çizelge 5.168, Çizelge 5.169 ve Çizelge 5.170'de verilmiştir.

Çizelge 5.167. Ağaç türü düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	46,32	B
Doğu kayını	52,23	A*
LSD: $\pm 0,3219$		

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

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, Doğu kayını örneklerinde yüksek (52,23), sarıçam örneklerinde daha düşük (46,32) elde edilmiştir.

Çizelge 5.168. Yoğunlaştırma düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	48,68	B
110 °C / %20	48,96	B
110 °C / %40	49,98	A*
150 °C / %20	48,92	B
150 °C / %40	49,82	A*
LSD: $\pm 0,5090$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örnekleri (49,98) ile 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan deney örneklerinde (49,82), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde (48,68) elde edilmiştir.

Çizelge 5.169. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	46,89	D
190	50,09	B
200	50,68	A*
210	49,43	C
LSD: $\pm 0,4552$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek 200 °C ısıtılmış deney örneklerinde (50,68), en düşük ise Knt2 (ısıtılmamış) deney örneklerinde (46,89) elde edilmiştir.

Çizelge 5.170. Vernik çeşidi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Knt3	46,03	B
Tbs	50,98	A*
Çbs	50,81	A*
LSD: $\pm 0,3942$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Tbs uygulanmış deney örnekleri (50,98) ile Çbs uygulanmış deney örneklerinde (50,81), en düşük ise Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (46,03) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.171’de verilmiştir.

Çizelge 5.171. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	46,00	D	51,36	B
110 °C / %20	46,22	CD	51,71	B
110 °C / %40	46,84	C	53,11	A*
150 °C / %20	46,09	D	51,74	B
150 °C / %40	46,43	CD	53,22	A*
LSD: $\pm 0,7198$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örnekleri (53,22) ile 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Doğu kayını örneklerinde (53,11), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) sarıçam örneklerinde (46,00) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıt işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.172’de verilmiştir.

Çizelge 5.172. Ağaç türü-ısıt işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	42,38	E	51,40	B
190	47,49	CD	52,69	A*
200	48,13	C	53,22	A*
210	47,26	D	51,60	B
LSD: $\pm 0,6438$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 °C ısıt işlemli Doğu kayını örnekleri (53,22) ile 190 °C ısıt işlemli Doğu kayını örneklerinde (52,69), en düşük ise Knt2 (ısıt işlemsiz) sarıçam örneklerinde (42,38) elde edilmiştir.

Ağaç türü-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.173’da verilmiştir.

Çizelge 5.173. Ağaç türü-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Vernük çeşidi	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt3	41,29	E	50,76	C
Tbs	48,72	D	53,25	A*
Çbs	48,94	D	52,67	B
LSD: $\pm 0,5575$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt3: Vernüksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek Tbs uygulanmış Doğu kayını örneklerinde (53,25), en düşük ise Knt3 (verniksiz) sarıçam örneklerinde (41,29) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.174’de verilmiştir.

Çizelge 5.174. Yoğunlaştırma-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	47,96	JK	49,02	G-I	49,69	E-G	48,06	I-K
110 °C / %20	47,38	K	49,48	F-H	50,06	D-F	48,94	G-J
110 °C / %40	45,77	L	51,21	A-C	51,83	A*	51,10	A-C
150 °C / %20	47,19	K	49,71	E-G	50,29	C-F	48,48	H-J
150 °C / %40	46,17	L	51,04	A-D	51,52	AB	50,56	B-E
LSD: $\pm 1,0180$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 200 °C ısıtıl işlemli deney örneklerinde (51,83), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtıl işlemsiz) deney örnekleri (45,77) ile 150 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtıl işlemsiz) deney örneklerinde (46,17) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.175’de verilmiştir.

Çizelge 5.175. Yoğunlaştırma-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	43,25	E	51,50	A*	51,30	AB
110 °C / %20	45,59	D	50,70	AB	50,59	B
110 °C / %40	48,08	C	50,95	AB	50,91	AB
150 °C / %20	45,45	D	50,83	AB	50,47	B
150 °C / %40	47,75	C	50,94	AB	50,78	AB
LSD: $\pm 0,8816$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Tbs uygulanmış deney örneklerinde (51,50), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (43,25) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı -vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.176’da verilmiştir.

Çizelge 5.176. Isıl işlem sıcaklığı -vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
	Knt3		Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	45,75	F	47,69	D	47,24	DE
190	46,54	EF	51,94	BC	51,80	BC
200	46,89	E	52,25	AB	52,90	A*
210	44,92	G	52,06	BC	51,30	C
LSD: $\pm 0,7885$						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek 200 °C ısıtılmış örneklerle uygulanan Çbs uygulanmış deney örneklerinde (52,90), en düşük ise 210 °C ısıtılmış Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (44,92) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.177’de verilmiştir.

Çizelge 5.177. Ağaç türü-ısıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	Knt2	41,33	LM	42,72	JK	43,10	J
	190	41,60	L	50,17	HI	50,70	GH
	200	41,75	KL	50,80	F-H	51,85	C-F
	210	40,47	M	51,17	E-H	50,13	HI
Doğu kayını	Knt2	50,17	HI	52,65	BC	51,38	D-G
	190	51,47	D-G	53,70	AB	52,90	A-C
	200	52,03	C-E	53,70	AB	53,95	A*
	210	49,38	I	52,95	A-C	52,47	CD
LSD: $\pm 1,1150$							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek 200 °C ısıl işlemli Çbs uygulanmış Doğu kayını örneklerinde (53,95), en düşük ise 210 °C ısıl işlemli Knt3 (verniksiz) sarıçam örneklerinde (40,47) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.178’de verilmiştir.

Çizelge 5.178. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde yüzey sertlik değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi					
		Knt3		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	43,13	UV	50,81	E-G	49,94	G-I
	190	43,63	T-V	51,50	C-G	51,94	B-F
	200	44,38	R-U	52,19	B-E	52,50	A-E
	210	41,88	V	51,50	C-G	50,81	E-G
110 °C / %20	Knt2	45,50	N-S	48,75	H-J	47,88	JK
	190	45,88	M-S	51,44	C-G	51,13	D-G
	200	46,69	K-P	51,13	D-G	52,38	A-E
	210	44,31	R-U	51,50	C-G	51,00	D-G
110 °C / %40	Knt2	47,50	J-M	44,75	Q-U	45,06	P-T
	190	48,75	H-J	52,69	A-D	52,19	B-E
	200	48,81	H-J	52,69	A-D	54,00	A*
	210	47,25	J-N	53,69	AB	52,38	A-E
150 °C / %20	Knt2	45,19	P-T	48,69	H-J	47,69	J-L
	190	46,44	K-Q	51,38	C-G	51,31	C-G
	200	46,06	L-R	52,25	A-E	52,56	A-E
	210	44,13	S-U	51,00	D-G	50,31	F-H
150 °C / %40	Knt2	47,44	J-M	45,44	O-S	45,63	N-S
	190	48,00	JK	52,69	A-D	52,44	A-E
	200	48,50	IJ	53,00	A-C	53,06	A-C
	210	47,06	J-O	52,63	A-D	52,00	B-F
LSD: $\pm 1,7630$							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey sertlik değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemlenmiş, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; yüzey sertlik değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 200 °C ısıtma işlemli Çbs uygulanmış deney örneklerinde (54,00), en düşük ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) 210 °C ısıtma işlemli Knt3 (verniksiz) deney örneklerinde (41,88) elde edilmiştir.

5.4.6. Vernüklerin yüzeye yapışma direnci

Sarıçamda vernüklerin yüzeye yapışma direnci

Sarıçam örneklerden elde edilen, vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.179’da verilmiştir.

Çizelge 5.179. Sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar (MPa)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi			
		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	2,458	0,43	2,984	0,24
	190	2,380	0,46	2,374	0,61
	200	1,953	0,38	2,057	0,46
	210	1,229	0,24	1,895	0,34
110 °C / %20	Knt2	2,479	0,31	2,624	0,21
	190	2,275	0,33	2,510	0,41
	200	2,026	0,54	1,546	0,23
	210	1,458	0,40	1,276	0,24
110 °C / %40	Knt2	2,385	0,27	2,843	0,13
	190	2,328	0,43	2,400	0,18
	200	1,734	0,21	1,609	0,15
	210	1,484	0,13	1,526	0,27
150 °C / %20	Knt2	2,343	0,22	2,505	0,25
	190	1,968	0,35	2,234	0,39
	200	1,750	0,22	1,526	0,26
	210	1,297	0,19	1,218	0,13
150 °C / %40	Knt2	2,557	0,51	2,630	0,25
	190	2,239	0,24	2,140	0,10
	200	1,869	0,46	2,057	0,15
	210	1,369	0,42	1,333	0,25

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Yoğunlaştırma, ısıtım işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.180’de verilmiştir.

Çizelge 5.180. Sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Yoğunlaştırma (A)	4	3,130	0,782	7,4270	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (B)	3	64,106	21,369	202,8408	0,0000*
Vernik çeşidi (C)	1	0,584	0,584	5,5465	0,0192*
Etkileşim (AB)	12	1,461	0,122	1,1555	0,3154Ns
Etkileşim (AC)	4	1,396	0,349	3,3119	0,0113*
Etkileşim (BC)	3	1,447	0,482	4,5797	0,0038*
Etkileşim (ABC)	12	2,604	0,217	2,0597	0,0197*
Hata	280	29,497	0,105		
Toplam	319	104,225			

*= 0,05’e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, sarıçamdaki vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri üzerinde yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşimi önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi düzeyinde, sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.181, Çizelge 5.182 ve Çizelge 5.183’de verilmiştir.

Çizelge 5.181. Yoğunlaştırma düzeyinde sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	2,166	A*
110 °C / %20	2,024	B
110 °C / %40	2,038	B
150 °C / %20	1,855	C
150 °C / %40	2,024	B
LSD: $\pm 0,1128$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde (2,166 MPa), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örneklerinde (1,855 MPa) elde edilmiştir.

Çizelge 5.182. Isıtma işlem sıcaklığı düzeyinde sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıtma işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	2,581	A*
190	2,285	B
200	1,813	C
210	1,408	D
LSD: $\pm 0,1009$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt2: Isıtma işlemsiz

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıtma işlemsiz) deney örneklerinde (2,581 MPa), en düşük ise 210 °C ısıtma işlemli deney

örneklerinde (1,408 MPa) elde edilmiştir.

Çizelge 5.183. Vernik çeşidi düzeyinde sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Tbs	1,979	B
Çbs	2,064	A*
LSD: $\pm 0,0713$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, Çbs uygulanmış deney örneklerinde yüksek (2,064 MPa), Tbs uygulanmış deney örneklerinde daha düşük (1,979 MPa) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.184’de verilmiştir.

Çizelge 5.184. Yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Vernik çeşidi			
	Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	2,005	BC	2,328	A*
110 °C / %20	2,059	B	1,989	B-D
110 °C / %40	1,982	B-D	2,094	B
150 °C / %20	1,839	D	1,871	CD
150 °C / %40	2,009	BC	2,040	B
LSD: $\pm 0,1595$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Çbs uygulanmış deney örneklerinde (2,328 MPa), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Tbs uygulanmış deney örneklerinde (1,839 MPa) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, sarıçamda vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.185’de verilmiştir.

Çizelge 5.185. Isıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde sarıçamda vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi			
	Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	2,444	B	2,717	A*
190	2,238	C	2,332	BC
200	1,866	D	1,759	D
210	1,367	E	1,450	E
LSD: $\pm 0,1426$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) Çbs uygulanmış deney örneklerinde (2,717 MPa), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 210 °C ısıl işlemli Tbs uygulanmış deney örnekleri (1,367 MPa) ile 210 °C ısıl işlemli Çbs uygulanmış deney örneklerinde (1,450 MPa) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, sarıçamda vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.186’da verilmiştir.

Çizelge 5.186. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde sarıçamda vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

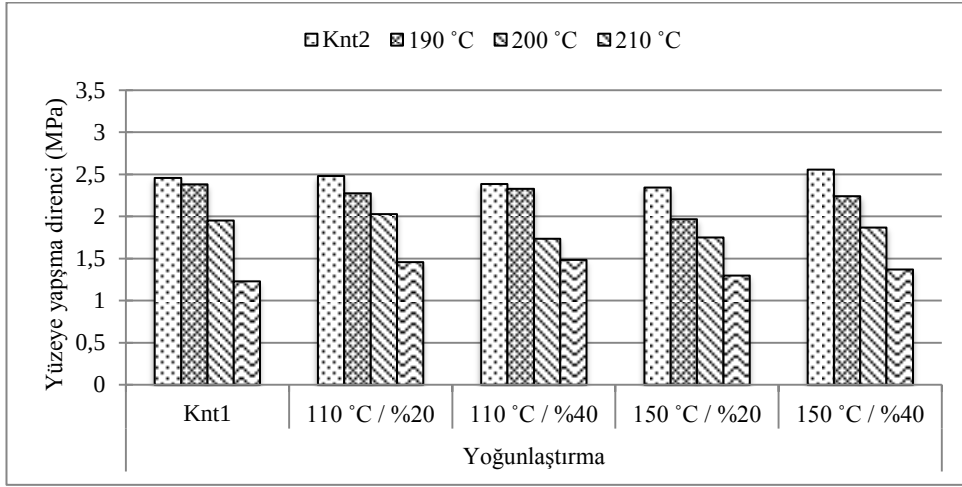
Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi			
		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	2,458	C-F	2,984	A*
	190	2,380	C-F	2,374	C-G
	200	1,953	J-M	2,057	G-L
	210	1,229	QR	1,895	K-N
110 °C / %20	Knt2	2,479	C-E	2,624	BC
	190	2,275	D-I	2,510	C-E
	200	2,026	H-M	1,546	O-Q
	210	1,458	O-R	1,276	QR
110 °C / %40	Knt2	2,385	C-F	2,843	AB
	190	2,328	C-H	2,400	C-F
	200	1,734	M-O	1,609	N-P
	210	1,484	O-R	1,526	O-R
150 °C / %20	Knt2	2,343	C-H	2,505	C-E
	190	1,968	I-M	2,234	E-J
	200	1,750	L-O	1,526	O-R
	210	1,297	P-R	1,218	R
150 °C / %40	Knt2	2,557	B-D	2,630	BC
	190	2,239	D-J	2,140	F-K
	200	1,869	K-N	2,057	G-L
	210	1,369	P-R	1,333	P-R

LSD: $\pm 0,3189$

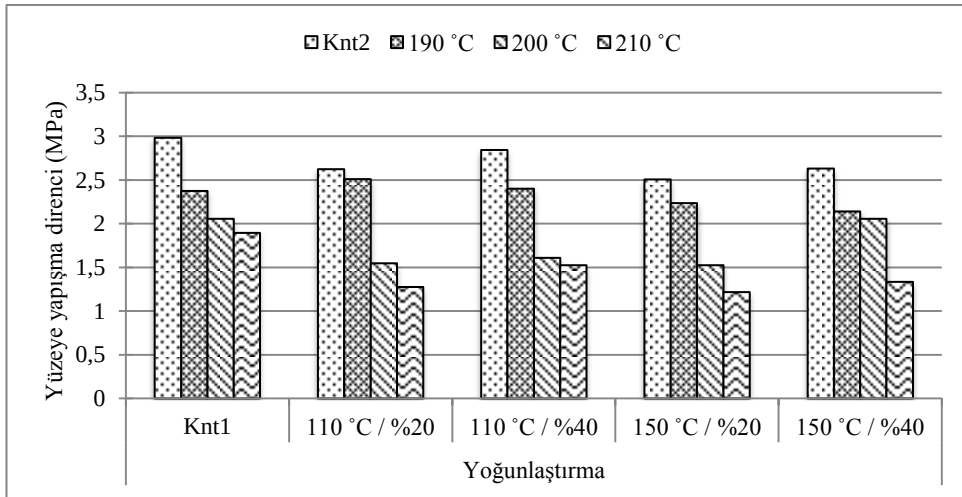
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük.

Çizelgeye göre; vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Knt2 (ısıtma işlemsiz) Çbs uygulanan örneklerinde (2,984 MPa), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 210 °C ısıtma işlemli Çbs uygulanan örneklerinde (1,218 MPa) elde edilmiştir.

Tbs ve Çbs uygulanmış sarıçamda vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.42 ve Şekil 5.43’de verilmiştir.



Şekil 5.42. Tbs uygulanmış sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.43. Çbs uygulanmış sarıçamda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

Doğu kayınında verniklerin yüzeye yapışma direnci

Doğu kayını örneklerden elde edilen, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.187’de verilmiştir.

Çizelge 5.187. Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar (MPa)

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi			
		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Knt1	Knt2	3,369	0,53	3,400	0,21
	190	2,630	0,50	2,822	0,41
	200	2,458	0,30	2,645	0,37
	210	1,854	0,26	2,093	0,43
110 °C / %20	Knt2	3,390	0,38	3,978	0,35
	190	2,833	0,35	3,369	0,40
	200	2,322	0,54	2,036	0,39
	210	1,505	0,34	1,697	0,16
110 °C / %40	Knt2	3,832	0,23	4,296	0,26
	190	3,098	0,62	3,015	0,54
	200	1,942	0,25	1,599	0,23
	210	1,401	0,18	1,526	0,35
150 °C / %20	Knt2	3,447	0,57	4,192	0,45
	190	2,817	0,59	3,343	0,35
	200	2,140	0,54	1,927	0,22
	210	1,604	0,17	1,453	0,23
150 °C / %40	Knt2	3,624	0,56	4,197	0,49
	190	2,744	0,30	3,030	0,21
	200	2,098	0,59	1,848	0,17
	210	1,609	0,29	1,682	0,23

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.191’de verilmiştir.

Çizelge 5.188. Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Yoğunlaştırma (A)	4	0,205	0,051	0,3393	-----Ns
Isıl işlem sıcaklığı (B)	3	214,030	71,343	472,4823	0,0000*
Vernik çeşidi (C)	1	2,354	2,354	15,5886	0,0000*
Etkileşim (AB)	12	13,605	1,134	7,5082	0,0000*
Etkileşim (AC)	4	0,443	0,111	0,7335	-----Ns
Etkileşim (BC)	3	4,795	1,598	10,5862	0,0000*
Etkileşim (ABC)	12	2,869	0,239	1,5834	0,0958Ns
Hata	280	42,279	0,151		
Toplam	319	280,580			

*= 0,05’e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, Doğu kayınındaki vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri üzerinde yoğunlaştırma etkisi ile yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimi ve yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi üçlü etkileşimi önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Isıl işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi düzeyinde, Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.189 ve Çizelge 5.190'da verilmiştir.

Çizelge 5.189. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	3,772	A*
190	2,970	B
200	2,102	C
210	1,642	D
LSD: $\pm 0,1209$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıtma işlemsiz) deney örneklerinde (3,772 MPa), en düşük ise 210 °C ısıtma işlemli deney örneklerinde (1,642 MPa) elde edilmiştir.

Çizelge 5.190. Vernik çeşidi düzeyinde Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Tbs	2,536	B
Çbs	2,707	A*
LSD: $\pm 0,0855$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, Çbs uygulanmış deney örneklerinde yüksek (2,707 MPa), Tbs uygulanmış deney örneklerinde daha düşük (2,536 MPa) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.191’de verilmiştir.

Çizelge 5.191. Yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	3,385	C	2,726	EF	2,551	F	1,974	GH
110 °C / %20	3,684	B	3,100	D	2,179	G	1,601	IJ
110 °C / %40	4,064	A*	3,056	D	1,770	HI	1,463	J
150 °C / %20	3,819	AB	3,080	D	2,033	GH	1,528	IJ
150 °C / %40	3,910	AB	2,887	DE	1,973	GH	1,645	IJ
LSD: $\pm 0,2704$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (4,064 MPa), en düşük ise 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan 210 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (1,463 MPa) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.192’de verilmiştir.

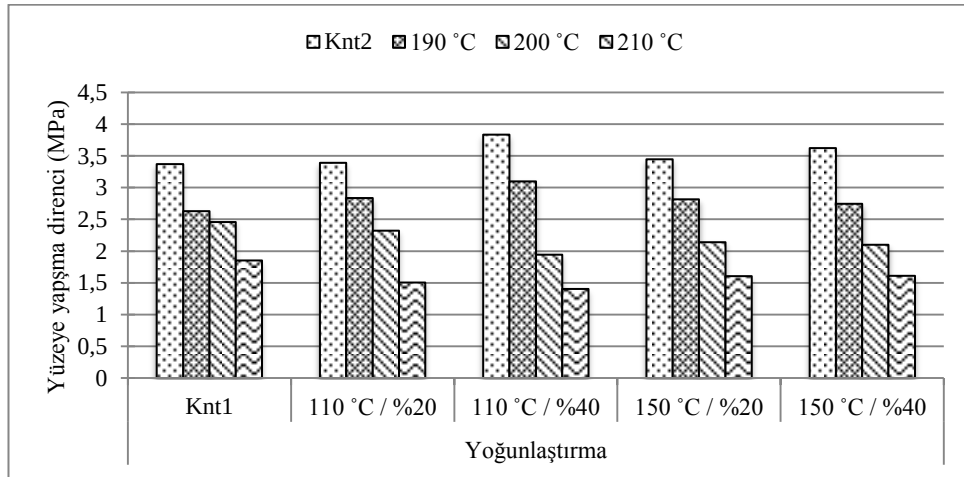
Çizelge 5.192. Isıl işlem sıcaklığı-vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi			
	Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	3,532	B	4,013	A*
190	2,824	D	3,116	C
200	2,192	E	2,011	F
210	1,594	G	1,690	G
LSD: $\pm 0,1710$				

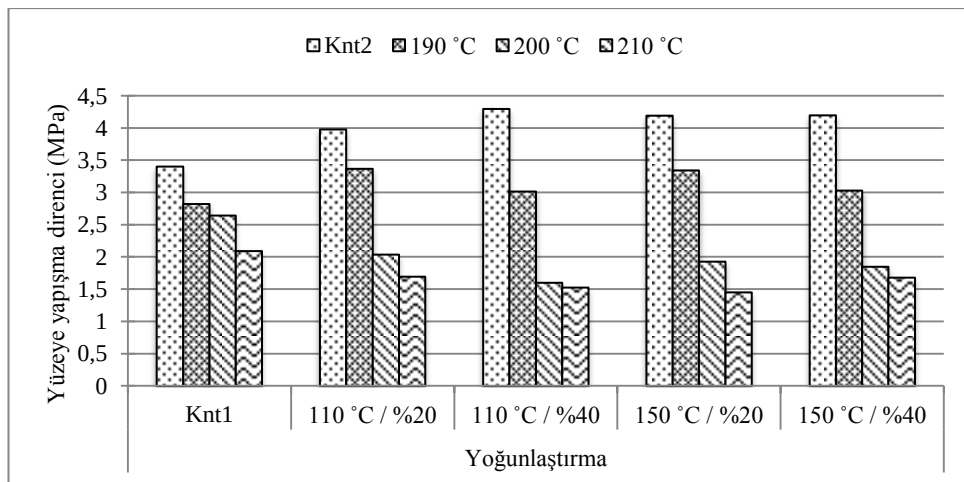
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) Çbs uygulanmış deney örneklerinde (4,013 MPa), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 210 °C ısıl işlemlili Tbs uygulanmış deney örnekleri (1,594 MPa) ile 210 °C ısıl işlemlili Çbs uygulanmış deney örneklerinde (1,690 MPa) elde edilmiştir.

Tbs ve Çbs uygulanmış Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü sırası ile Şekil 5.44 ve Şekil 5.45’de verilmiştir.



Şekil 5.44. Tbs uygulanmış Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü



Şekil 5.45. Çbs uygulanmış Doğu kayınında vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinin karşılaştırmalı görünümü

Sarıçam ve Doğu kayınında verniklerin yüzeye yapışma direnci

Deney örneklerinden elde edilen, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar Çizelge 5.193’de verilmiştir.

Çizelge 5.193. Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar (MPa)

Ağaç türü	Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi			
			Tbs		Çbs	
			$\bar{x}$	St.S	$\bar{x}$	St.S
Sarıçam	Knt1	Knt2	2,458	0,43	2,984	0,24
		190	2,380	0,46	2,374	0,61
		200	1,953	0,38	2,057	0,46
		210	1,229	0,24	1,895	0,34
	110 °C / %20	Knt2	2,479	0,31	2,624	0,21
		190	2,275	0,33	2,510	0,41
		200	2,026	0,54	1,546	0,23
		210	1,458	0,40	1,276	0,24
	110 °C / %40	Knt2	2,385	0,27	2,843	0,13
		190	2,328	0,43	2,400	0,18
		200	1,734	0,21	1,609	0,15
		210	1,484	0,13	1,526	0,27
	150 °C / %20	Knt2	2,343	0,22	2,505	0,25
		190	1,968	0,35	2,234	0,39
		200	1,750	0,22	1,526	0,26
		210	1,297	0,19	1,218	0,13
	150 °C / %40	Knt2	2,557	0,51	2,630	0,25
		190	2,239	0,24	2,140	0,10
		200	1,869	0,46	2,057	0,15
		210	1,369	0,42	1,333	0,25
Doğu kayını	Knt1	Knt2	3,369	0,53	3,400	0,21
		190	2,630	0,50	2,822	0,41
		200	2,458	0,30	2,645	0,37
		210	1,854	0,26	2,093	0,43
	110 °C / %20	Knt2	3,390	0,38	3,978	0,35
		190	2,833	0,35	3,369	0,40
		200	2,322	0,54	2,036	0,39
		210	1,505	0,34	1,697	0,16
	110 °C / %40	Knt2	3,832	0,23	4,296	0,26
		190	3,098	0,62	3,015	0,54
		200	1,942	0,25	1,599	0,23
		210	1,401	0,18	1,526	0,35
	150 °C / %20	Knt2	3,447	0,57	4,192	0,45
		190	2,817	0,59	3,343	0,35
		200	2,140	0,54	1,927	0,22
		210	1,604	0,17	1,453	0,23
	150 °C / %40	Knt2	3,624	0,56	4,197	0,49
		190	2,744	0,30	3,030	0,21
		200	2,098	0,59	1,848	0,17
		210	1,609	0,29	1,682	0,23

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Knt3: Verniksiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Ağaç türü, yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri üzerindeki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Çizelge 5.194’de verilmiştir.

Çizelge 5.194. Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç türü (A)	1	57,587	57,587	449,2965	0,0000*
Yoğunlaştırma (B)	4	2,044	0,511	3,9870	0,0034*
Isıl işlem sıcaklığı (C)	3	254,598	84,866	662,1250	0,0000*
Vernik çeşidi (D)	1	2,642	2,642	20,6116	0,0000*
Etkileşim (AB)	4	1,291	0,323	2,5172	0,0405*
Etkileşim (AC)	3	23,538	7,846	61,2153	0,0000*
Etkileşim (AD)	1	0,296	0,296	2,3118	0,1290Ns
Etkileşim (BC)	12	8,987	0,749	5,8432	0,0000*
Etkileşim (BD)	4	0,569	0,142	1,1095	0,3511Ns
Etkileşim (CD)	3	5,663	1,888	14,7276	0,0000*
Etkileşim (ABC)	12	6,078	0,507	3,9518	0,0000*
Etkileşim (ABD)	4	1,270	0,317	2,4768	0,0432*
Etkileşim (ACD)	3	0,580	0,193	1,5079	0,2114Ns
Etkileşim (BCD)	12	3,555	0,296	2,3116	0,0070*
Etkileşim (ABCD)	12	1,918	0,160	1,2467	0,2472Ns
Hata	560	71,777	0,128		
Toplam	639	442,393			

*= 0,05’e göre önemli Ns: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri üzerinde ağaç türü-vernik çeşidi ile yoğunlaştırma-vernik çeşidi ikili etkileşimleri, ağaç türü-yoğunlaştırma-vernik çeşidi üçlü etkileşimi ve ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernik çeşidi dördü etkileşimi önemsiz diğer tüm etki ve bunların karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, yoğunlaştırma, ısıtma işlem sıcaklığı ve vernik çeşidi düzeyinde, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırmaları sırası ile Çizelge 5.195, Çizelge 5.196, Çizelge 5.197 ve Çizelge 5.198’de verilmiştir.

Çizelge 5.195. Ağaç türü düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	2,022	B
Doğu kayını	2,622	A*
LSD: $\pm 0,0555$		

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

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, Doğu kayınında yüksek (2,622 MPa), sarıçamda daha düşük (2,022 MPa) elde edilmiştir.

Çizelge 5.196. Yoğunlaştırma düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Knt1	2,412	A*
110 °C / %20	2,333	AB
110 °C / %40	2,313	BC
150 °C / %20	2,235	C
150 °C / %40	2,314	BC
LSD: $\pm 0,0878$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde (2,412 MPa), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan deney örneklerinde (2,235 MPa) elde edilmiştir.

Çizelge 5.197. Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\bar{x}$	HG
Knt2	3,177	A*
190	2,627	B
200	1,957	C
210	1,525	D
LSD: $\pm 0,0786$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (3,177 MPa), en düşük ise 210 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (1,525 MPa) elde edilmiştir.

Çizelge 5.198. Vernik çeşidi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Tbs	2,257	B
Çbs	2,386	A*
LSD: $\pm 0,0555$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik.

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, Çbs uygulanmış deney örneklerinde yüksek (2,386 MPa), Tbs uygulanmış deney örneklerinde daha düşük (2,257 MPa) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.202’de verilmiştir.

Çizelge 5.199. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	2,166	B	2,659	A*
110 °C / %20	2,024	C	2,641	A*
110 °C / %40	2,038	C	2,589	A*
150 °C / %20	1,855	D	2,615	A*
150 °C / %40	2,024	C	2,604	A*
LSD: $\pm 0,1242$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri en yüksek, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Doğu kayını örnekleri (2,659 MPa) ile diğer yoğunlaştırma koşullarında işlem görmüş Doğu kayını örneklerinde, en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan sarıçam örneklerinde (1,855 MPa) elde edilmiştir.

Ağaç türü-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.200’de verilmiştir.

Çizelge 5.200. Ağaç türü-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
	Sarıçam		Doğu kayını	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	2,581	C	3,772	A*
190	2,285	D	2,970	B
200	1,813	F	2,102	E
210	1,408	H	1,642	G
LSD: $\pm 0,1111$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıtıl işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (3,772 MPa), en düşük ise 210 °C ısıtıl işlemli sarıçam örneklerinde (1,408 MPa) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.201’de verilmiştir.

Çizelge 5.201. Yoğunlaştırma-ısıtıl işlem sıcaklığı ikili etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)							
	Knt2		190		200		210	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	3,053	C	2,551	E	2,278	F	1,768	H
110 °C / %20	3,118	BC	2,746	D	1,983	G	1,484	I
110 °C / %40	3,339	A*	2,710	DE	1,721	H	1,484	I
150 °C / %20	3,122	BC	2,590	DE	1,835	GH	1,393	I
150 °C / %40	3,252	AB	2,538	E	1,968	G	1,498	I
LSD: $\pm 0,1757$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde (3,339 MPa), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 210 °C ısıl işlemli deney örneklerinde (1,393 MPa) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı -vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.202’de verilmiştir.

Çizelge 5.202. Isıl işlem sıcaklığı -vernik çeşidi ikili etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernik çeşidi			
	Tbs		Çbs	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt2	2,988	B	3,365	A*
190	2,531	D	2,724	C
200	2,029	E	1,885	F
210	1,481	G	1,570	G
LSD: $\pm 0,1111$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt2: Isıl işlemsiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernik, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernik

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) Çbs uygulanmış deney örneklerinde (3,365 MPa), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 210 °C ısıl işlemli Tbs uygulanmış deney örnekleri (1,481 MPa) ile 210 °C ısıl işlemli Çbs uygulanmış deney örneklerinde (1,570 MPa) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıl işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.203’de verilmiştir.

Çizelge 5.203. Ağaç türü-yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı üçlü etkileşimi düzeyinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Ağaç türü			
		Sarıçam		Doğu kayını	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	2,721	EF	3,385	C
	190	2,377	G-I	2,726	EF
	200	2,005	J-L	2,551	F-H
	210	1,562	M-Q	1,974	J-L
110 °C / %20	Knt2	2,551	F-H	3,684	B
	190	2,393	G-I	3,100	D
	200	1,786	K-M	2,179	IJ
	210	1,367	P-R	1,601	M-P
110 °C / %40	Knt2	2,614	FG	4,064	A*
	190	2,364	HI	3,056	D
	200	1,671	M-O	1,770	L-N
	210	1,505	O-R	1,463	O-R
150 °C / %20	Knt2	2,424	G-I	3,819	AB
	190	2,101	J	3,080	D
	200	1,638	M-O	2,033	JK
	210	1,258	R	1,528	N-Q
150 °C / %40	Knt2	2,593	F-H	3,910	AB
	190	2,190	IJ	2,887	DE
	200	1,963	J-L	1,973	J-L
	210	1,351	QR	1,645	M-O
LSD: $\pm 0,2485$					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz

Çizelgeye göre; vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtma işlemsiz) Doğu kayını örneklerinde (4,064 MPa), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 210 °C ısıtma işlemli sarıçam örneklerinde (1,258 MPa) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma-vernik çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.204’de verilmiştir.

Çizelge 5.204. Ağaç türü-yoğunlaştırma-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Ağaç türü	Yoğunlaştırma	Vernük çeşidi			
		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Sarıçam	Knt1	2,005	F-H	2,328	E
	110 °C / %20	2,059	F	1,989	F-H
	110 °C / %40	1,982	F-H	2,094	F
	150 °C / %20	1,839	H	1,871	GH
	150 °C / %40	2,009	F-H	2,040	FG
Doğu kayını	Knt1	2,577	B-D	2,740	AB
	110 °C / %20	2,512	D	2,770	A*
	110 °C / %40	2,568	B-D	2,609	A-D
	150 °C / %20	2,502	DE	2,728	AB
	150 °C / %40	2,519	CD	2,689	A-C
LSD: $\pm 0,1757$					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Çbs uygulanmış Doğu kayını örneklerinde (2,770 MPa), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan Tbs uygulanmış sarıçam örneklerinde (1,839 MPa) elde edilmiştir.

Yoğunlaştırma-ısı işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde, vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan homojenlik grubu karşılaştırması Çizelge 5.205’de verilmiştir.

Çizelge 5.205. Yoğunlaştırma-ısıtma işlem sıcaklığı-vernük çeşidi üçlü etkileşimi düzeyinde vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Yoğunlaştırma	Isıl işlem sıcaklığı (°C)	Vernük çeşidi			
		Tbs		Çbs	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Knt1	Knt2	2,913	EF	3,192	B-D
	190	2,504	HI	2,598	G-I
	200	2,205	JK	2,351	IJ
	210	1,541	P-R	1,994	K-M
110 °C / %20	Knt2	2,934	EF	3,301	B-D
	190	2,554	G-I	2,939	EF
	200	2,174	J-L	1,791	M-O
	210	1,481	P-R	1,487	P-R
110 °C / %40	Knt2	3,108	C-E	3,569	A*
	190	2,713	F-H	2,708	F-H
	200	1,838	M-O	1,604	O-Q
	210	1,442	QR	1,526	P-R
150 °C / %20	Knt2	2,895	EF	3,348	A-C
	190	2,392	IJ	2,789	FG
	200	1,945	L-N	1,726	N-P
	210	1,450	QR	1,336	R
150 °C / %40	Knt2	3,090	DE	3,413	AB
	190	2,492	HI	2,585	G-I
	200	1,984	K-M	1,953	L-N
	210	1,489	P-R	1,507	P-R

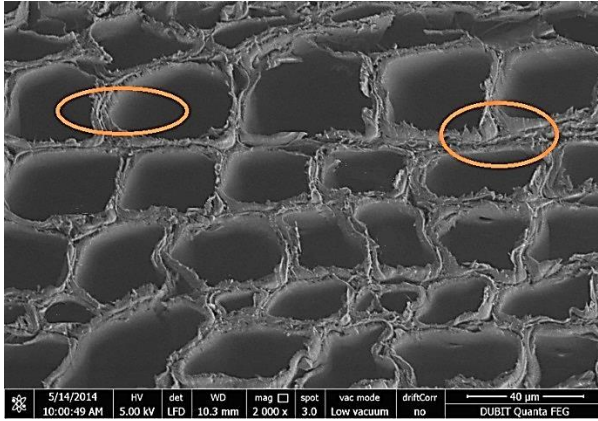
LSD: $\pm 0,2485$

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek yüzeye yapışma direnci değeri, Knt1: Yoğunlaştırılmamış, Knt2: Isıl işlemsiz, Tbs: Tek bileşenli su bazlı vernük, Çbs: Çift bileşenli su bazlı vernük

Çizelgeye göre; vernük katmanlarının yüzeye yapışma direnci değeri, en yüksek 110 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan Knt2 (ısıtma işlemsiz) Çbs uygulanmış deney örneklerinde (3,569 MPa), en düşük ise 150 °C pres sıcaklığında %20 sıkıştırılan 210 °C ısıtma işlemli Çbs uygulanmış deney örneklerinde (1,336 MPa) elde edilmiştir.

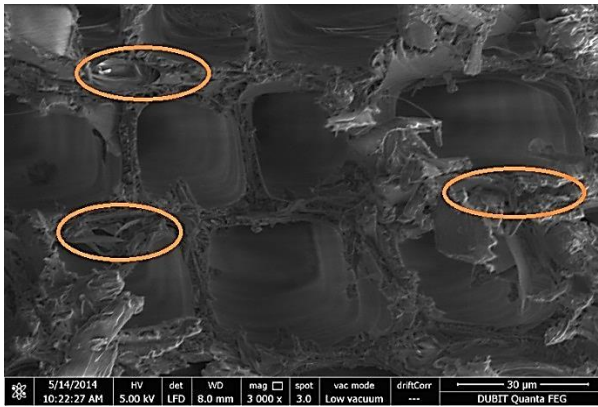
5. 5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Bu bölümde, yoğunlaştırılmış ve ısıtılmış sarıçam ve Doğu kayını örneklerinin enine kesitlerinden alınan SEM görüntüleri, kontrol örnekleri ile karşılaştırılmış ve meydana gelen değişimler hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.



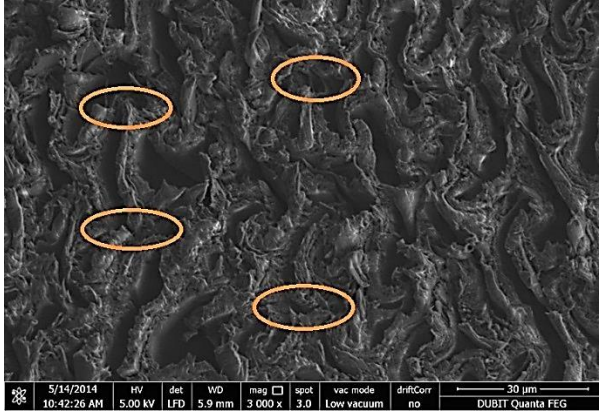
Resim 5.1. Kontrol (işlemsiz) sarıçamda SEM görüntüsü

Kontrol (işlemsiz) sarıçamda SEM görüntüsü incelendiğinde, hücre çeperlerinin sağlam ve lümen boşluklarının açık olduğu görülmektedir.



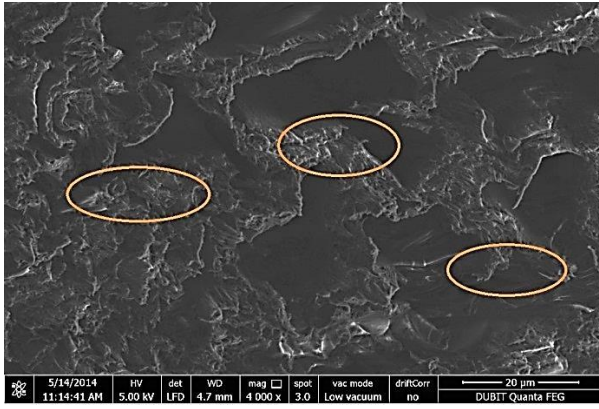
Resim 5.2. 210 °C ısıtılmış sarıçamda SEM görüntüsü

210 °C’de ısıtılmış sarıçamda SEM görüntüsü incelendiğinde, yüksek sıcaklığın etkisi ile hücre yapısında hasarların meydana geldiği görülmektedir. Bu durumun, mekanik direnç özelliklerinin azalmasında etkili olduğu söylenebilir.



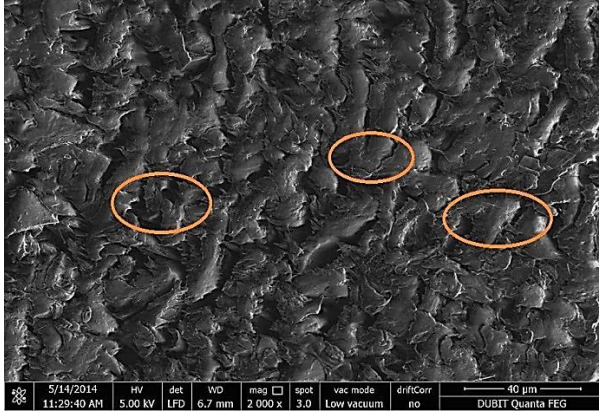
Resim 5.3. 110 °C’de %40 sıkıştırılmış sarıçamda SEM görüntüsü

110 °C’de %40 oranında sıkıştırılmış sarıçamda SEM görüntüsü incelendiğinde, sıkıştırmanın etkisiyle hücre çeperinde çökmelerin meydana geldiği ve boşluk hacminin azaldığı görülmektedir. Ayrıca yüksek orandaki sıkıştırmanın etkisi ile hücre yapısında kırılmaların veya çatlamların oluştuğu belirlenmiştir.



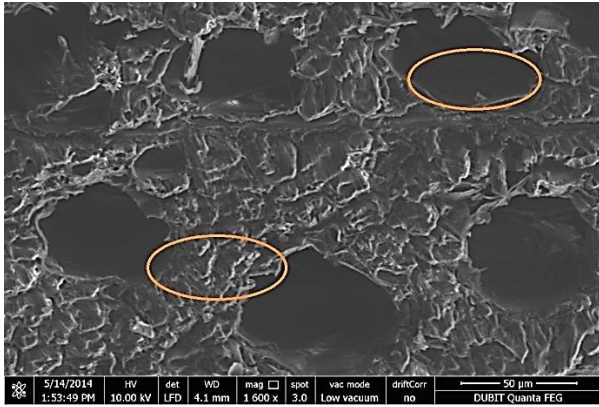
Resim 5.4. 110 °C’de %40 sıkıştırılmış 210 °C ısıtılmış sarıçamda SEM görüntüsü

110 °C’de %40 oranında sıkıştırılmış ve 210 °C’de ısıtılmış sarıçamda SEM görüntüsü incelendiğinde, sıkıştırmanın etkisiyle hücre çeperinde meydana gelen hasarın (kırılma, çatlama, çökme) yanı sıra yüksek sıcaklığın etkisi ile hücre yapısında bozunmaların oluştuğu görülmektedir. Bu durumun, ağaç malzemenin temel bileşenleri arasında kurulan bağların kopmasına/zayıflamasına ve malzemenin direnç özelliklerinin azalmasına neden olduğu söylenebilir.



Resim 5.5. 150 °C’de %40 sıkıştırılmış sarıçamda SEM görüntüsü

150 °C’de %40 oranında sıkıştırılmış sarıçamda SEM görüntüsü incelendiğinde, sıkıştırmadan dolayı hücre çeperinde çökmelerin meydana geldiği ve boşluk hacminin azaldığı görülmektedir. 110 °C’de yoğunlaştırılmış sarıçam örneklerine göre hücre çeperinde oluşan kırılma veya çatlamların daha az oranda gerçekleştiği ve meydana gelen çökmelerin daha çok bükülme şeklinde oluştuğu belirlenmiştir.



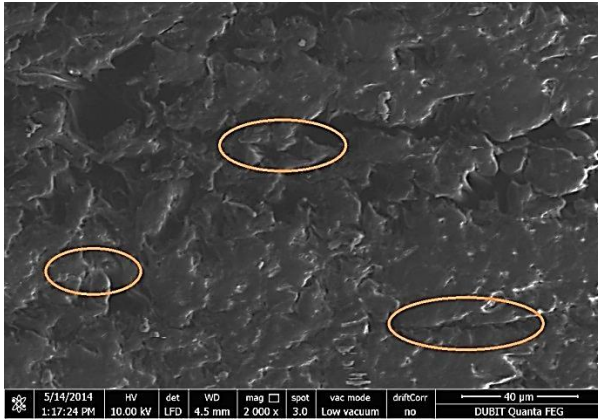
Resim 5.6. Kontrol (işlemsiz) Doğu kayınında SEM görüntüsü

Kontrol (işlemsiz) Doğu kayınında SEM görüntüsü incelendiğinde, hücre çeperlerinin sağlam ve lümen boşluklarının açık olduğu görülmektedir.



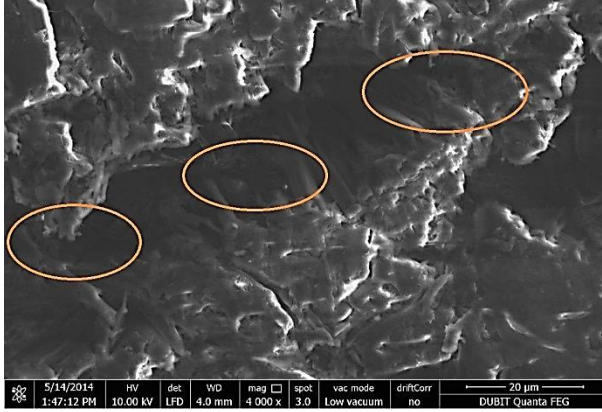
Resim 5.7. 210 °C ısıtılmış Doğu kayını SEM görüntüsü

210 °C’de ısıtılmış Doğu kayını SEM görüntüsü incelendiğinde, yüksek sıcaklığın etkisi ile malzeme yapısının bozunuma uğradığı ve bağ kopmalarının yaşandığı görülmektedir.



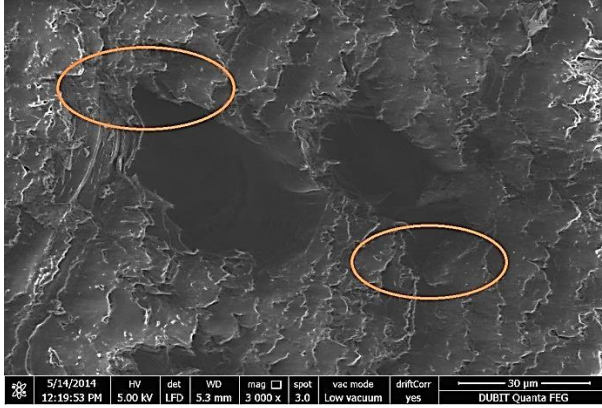
Resim 5.8. 110 °C’de %40 sıkıştırılmış Doğu kayını SEM görüntüsü

110 °C’de %40 oranında sıkıştırılmış Doğu kayını SEM görüntüsü incelendiğinde, sıkıştırmanın etkisiyle hücre çeperinde çökmelerin meydana geldiği, boşluk hacminin azaldığı ve hücrelerin birbirleri ile yakın temas haline geçtiği görülmektedir. Ayrıca sıkıştırmanın etkisi ile hücre yapısında kırılmaların ve kopmaların olduğu belirlenmiştir.



Resim 5.9. 110 °C’de %40 sıkıştırılmış 210 °C ısıtılmış Doğu kayını SEM görüntüsü

110 °C’de %40 oranında sıkıştırılmış ve 210 °C’de ısıtılmış Doğu kayını SEM görüntüsü incelendiğinde, sıkıştırmanın etkisiyle hücre çeperinde meydana gelen kırılma, çatlama, kopma gibi hasarların yanı sıra yüksek sıcaklığın etkisi ile hücre yapısında parçalanmaların olduğu ve hücrenin fiziksel şeklinin değiştiği görülmektedir. Bu durumun, ağaç malzemenin direnç özelliklerinin azalmasına neden olduğu söylenebilir.



Resim 5.10. 150 °C’de %40 sıkıştırılmış Doğu kayını SEM görüntüsü

150 °C’de %40 oranında sıkıştırılmış Doğu kayını SEM görüntüsü incelendiğinde, sıkıştırılmadan kaynaklanan hasarın (kırılma, kopma vb.), 110 °C’de %40 oranında sıkıştırılmış Doğu kayını örneklerine göre daha az oranda gerçekleştiği görülmektedir. Bu durumun, malzemenin teknolojik ve fiziksel özellikleri üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; yoğunlaştırma ve ısıtma işlem uygulamalarının ağaç malzemelerin bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri ile bu ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan su bazlı verniklerin katman özelliklerine, yoğunlaştırma ve ısıtma işlem uygulamalarının etkisi araştırılmış ve sonuçlara ilişkin sayısal veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler bilimsel açıdan literatürle karşılaştırılarak yorumlanmış ve uygulamaya yönelik önerilerde bulunulmuştur.

6.1. Fiziksel Özellikler

6.1.1. Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı

Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı, ağaç türünde Doğu kayınına göre sarıçamda daha yüksek elde edilmiştir. Bu durum, ağaç malzemelerin sıkıştırılmadan önceki başlangıç yoğunluklarına (sarıçam: 0,561; Doğu kayını: 0,688) bağlı olarak, Doğu kayınına göre sarıçamın birim hacme düşen hücre çeperi maddesi miktarının az, boşluk hacminin ise fazla olmasından kaynaklanmış olabilir. Zira yoğunlaştırma aşamasında sıcaklık ve basıncın etkisi ile ağaç malzeme bünyesinde oluşan iç gerilmelerin Doğu kayınında daha yüksek seviyelere ulaşmış olabileceği ve pres basıncının ortadan kaldırılması ile serbest kalan iç gerilmelerin, Doğu kayınına göre daha fazla geri esnetmiş olmasının sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Geri esneme (spring-back) oranları ortalama olarak ısıtma işlemi yapılmadan sarıçamda %9,30 iken Doğu kayınında %13,93 olarak tespit edilmiştir.

Literatürde; yoğunlaştırma sürecinde, hücre çeperinin çökertilerek sıkıştırılması ile boşluk hacminin azaltılması ya da tamamen ortadan kaldırılması sonucunda malzeme bünyesinde oluşan gerilme miktarının hızlı bir şekilde artış gösterdiği, burkulma-esneme veya kırılma-ezilme nedeniyle oluşan hücresel çökmenin, hücre çeperi materyalinin yapısına ve yoğunlaştırma koşullarına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca ağaç malzemenin sıkıştırılabilirlik özelliklerinin; yoğunluk, yaz odunu oranı, hücre çeperi hacmi gibi ağaç malzemenin anatomik yapısı ile sıkıştırma

yönüne bağlı olduğu belirtilmiştir [Wolcott ve ark., 1989; Nairn, 2006; Kutnar ve Sernek, 2007].

Yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı, 110 °C’de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örneklerinde en yüksek değerde elde edilirken bunu sırası ile 150 °C’de %40, 110 °C’de %20 ve 150 °C’de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri izlemiştir. Aynı sıkıştırma seviyesinde 110 °C’de yoğunlaştırılan deney örnekleri 150 °C’de yoğunlaştırılanlara göre daha yüksek sıkıştırma oranı vermiştir. Sonucun bu şekilde çıkmasının, yoğunlaştırma işlemi sonrası deney örneklerinde oluşan rutubet değerleriyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Yoğunlaştırma sonrası deney örneklerinin rutubetleri ortalama olarak 110 °C’de işlem görenlerde %5,2 iken 150 °C’de işlem görenlerde %2,7 olarak tespit edilmiştir. 150 °C’de yoğunlaştırılanlara göre, daha yüksek rutubet miktarına sahip 110 °C’de yoğunlaştırılan deney örneklerinin kondisyonlama aşamasında (20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem) daha az kalınlık artışı vermiş olmasının (Çizelge 5.1) sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

6.1.2. Geri esneme (spring-back) oranı

Ağaç türü düzeyinde geri esneme oranı, Doğu kayınında sarıçama göre daha yüksek elde edilmiştir. Bu durum, Doğu kayınının sarıçama göre daha yüksek yoğunluklu olması, porozite oranının düşüklüğü ve anatomik yapısının farklı olmasından kaynaklanabilir. Literatürde, yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin boyutsal stabilitesinin, malzemenin spring-back (geri esneme) özellikleriyle ilişkili olduğu ve geri esnemenin de termal sıkıştırma sürecinde malzeme yapısındaki başarısızlık mekanizması ile sıkıştırma gerilmelerinin miktarına bağlı olduğu bildirilmiştir [Tabarsa ve Chui, 1997; Ahmed ve ark.,2013]. Farklı bir çalışmada ise, sıkıştırılmış ağaç malzemenin elastik davranışından dolayı, uygulanan basıncın ortadan kaldırılmasından sonra sıkıştırılmadan önceki orijinal şeklini geri kazanma eğiliminin olduğu, bu davranışın spring-back (geri esneme) olarak tanımlandığı ve sıkıştırılmış haldeki ölçüde değişikliğe sebep olduğu belirtilmiştir [Garcia-Romeu ve ark., 2007].

Geri esneme oranında, sıkıştırma seviyeleri ile orantılı olarak daha fazla sıkıştırma seviyesinde daha fazla geri esneme oranları elde edilmiştir. Bu durum, hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı bölümünde de açıklandığı gibi, yoğunlaştırma aşamasında sıcaklık ve basıncın etkisi ile ağaç malzeme bünyesinde oluşan iç gerilmelerin seviyelerinden kaynaklanmış olabilir. Literatürde, sıkıştırma aşamasında pres basıncının ortadan kaldırılmasından sonra ağaç malzemede anlık geri esnemenin meydana geldiği belirtilmiş ayrıca daha yüksek sıkıştırma oranında daha fazla geri esnemenin oluştuğu; bu durumda, yüksek sıkıştırma oranında malzeme bünyesinde daha fazla gerilme meydana gelmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir [Laine ve ark., 2013]. 150 °C’de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri en yüksek geri esneme oranları vermiş olup bunu sırası ile 110 °C’de %40, 150 °C’de %20 ve 110 °C’de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri izlemiştir. Aynı sıkıştırma seviyesinde 150 °C’de yoğunlaştırılan deney örnekleri 110 °C’de yoğunlaştırılan örneklere göre daha yüksek geri esneme oranı vermiştir. Bu durumda, yoğunlaştırma sonrası ağaç malzeme bünyesinde kalan rutubet miktarlarıyla ilgili olduğu ve daha düşük rutubet miktarına sahip 150 °C’de yoğunlaştırılan deney örneklerinde kondisyonlama aşamasında (20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl nem) daha fazla kalınlık artışı olması nedeniyle geri esneme oranlarının da yüksek çıktığı söylenebilir. Literatürde, sıcak iken prestan çıkarılan sıkıştırılmış ağaç malzemede önemli derecede bir geri esnemenin meydana geldiği, bu durumun ise ligninin doğal termoplastik yapısından ve ağaç malzemenin rutubet miktarının, sıkıştırma sürecinde sıcaklığın etkisi ile azalmasından kaynaklandığı belirtilmiştir [Kollmann ve ark., 1975].

Geri esneme oranları, Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde en yüksek değerde elde edilmiş olup bunu sırası ile 190 °C, 200 °C ve 210 °C’de ısıl işlem gören deney örnekleri izlemiştir. Isıl işlem sıcaklığı arttıkça geri esneme oranlarında da kademeli olarak düşüşler olmuştur. Isıl işlem sonrası, ısıl işlemsiz örneklere göre sarıçamda %67, Doğu kayınında ise %44’e kadar geri esnemede iyileşme sağlanmıştır. Bu durumun, sıkıştırma sürecinde ağaç malzeme bünyesinde oluşan iç gerilmelerin ısıl işlemle birlikte rahatlatılması, ekstraktiflerin uzaklaştırılması ve denge rutubet miktarındaki düşüş ile oluşan ölçüsel küçülmeden (daralma) kaynaklandığı

söylenbilir. (Deney örneklerinin denge rutubet miktarları ortalama olarak 190 °C’de %9,1, 200 °C’de %8,0 ve 210 °C’de %7,3 olarak tespit edilmiştir). Literatürde, yoğunlaştırma sonrası uygulanan ısıt işlemin örneklerin geri esneme özelliğini ve higroskopisitesini önemli ölçüde düşürdüğü, hem daha yüksek ısıt işlem sıcaklığı hemde daha uzun işlem süresinin boyutsal stabilitede daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir [Cai ve ark., 2012]. Ayrıca, yoğunlaştırma sonrası ağaç malzemede oluşacak geri esneyi önlemek ve ağaç malzemenin boyutsal stabilitesini arttırmak için ısıt işlemin kullanışlı bir yöntem olabileceği belirtilmiştir [Boonstra ve Blomberg, 2007].

Farklı çalışmalarda, yoğunlaştırılmış ağaç malzemeye uygulanan ısıt işlemin hemiselüloz başta olmak üzere ağaç malzeme polimerlerinde normal ağaç malzemedan daha fazla bozunmaya yol açtığı ve böylece yoğunlaştırma sürecinde malzeme bünyesinde meydana gelen iç gerilmelerin rahatlatılarak giderilebildiği belirtilmiştir. Yoğunlaştırıldıktan sonra ısıt işlem uygulanmış ağaç malzemenin sadece yoğunlaştırılmış ağaç malzemeye göre geri esneme oranlarındaki düşüşün bu gerekçe ile açıklanabileceği bildirilmiştir [Dwianto ve ark., 1997; Hsu ve ark.,1988; Dubey, 2010]. Başka bir çalışmada ise, yoğunlaştırılmış ağaç malzemeye uygulanan termal işlemlerle birlikte, hücre çeperinden ekstraktiflerin uzaklaşması ve ahşap bileşenlerinin bozunmasının malzemede bir miktar daralmaya (çekme) neden olduğu bildirilmiştir [Laine ve ark., 2013].

6.1.3. Suda bekletme sonrası sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı

Ağaç türlerinde yakın sonuçlar çıkmış olmakla birlikte sarıçamda Doğu kayınına göre daha yüksek bulunmuştur. Suda bekletme testi sonrası yoğunlaştırılmış deney örneklerinden sarıçamın Doğu kayınına göre sıkıştırma yönü şişme oranının fazla ve geri esneme oranının daha az olmasının sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenbilir. Literatürde de, sıkıştırılmış kalınlığın geri dönmesinde (compression-set recovery) ağaç malzemenin sergilediği davranışın, hücre çeperi polimerlerinin özelliklerine ve hücre yapısı kombinasyonuna bağlı olduğu belirtilmiştir [Wolcott ve Shutler, 2003; Kutnar ve Sernek, 2007].

Sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranında, yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranının düşük elde edildiği deney örnekleri daha yüksek değerler vermiştir. 150 °C’de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri en yüksek geri dönüş oranına sahip iken bunu sırası ile 110 °C’de %20, 150 °C’de %40 ve 110 °C’de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri izlemiştir. Bu durum, yüksek sıkıştırma oranına sahip deney örneklerinin yapısında oluşan hücresel çökme ile kırılmaların daha fazla ve lümenlerin kısmen kapanmış olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca, yoğunlaştırma öncesi başlangıç ölçülerine geri dönme eğilimi gösteren örneklerin düşük sıkıştırma oranına sahip olanlarında bu sonuca daha kolay ulaşabilmesi ile açıklanabilir. Zira düşük sıkıştırma oranı (%20’ler) ile yoğunlaştırılan örneklerde, suda bekletme testi sonrasında sıkıştırma öncesindeki başlangıç (orijinal) kalınlıklarının üzerinde bir kalınlık elde edilmiştir. Literatürde, yoğunlaştırmada hücre çeperinin kırılması veya bükülmesi ile çökmelerin başladığı, düşük sıkıştırma oranında oluşan deformasyonun doğrusal ve elastik özellikte olduğu, kırılma aşamasının üzerindeki sıkıştırma oranında ise deformasyonun daha fazla arttığı ve bu aşamada çöktürülmüş hücre çeperlerinin birbirleri ile yakın temas haline geçtiği belirtilmiştir [Ahmed ve ark., 2013].

Farklı bir çalışmada, yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin suya veya yüksek seviyede neme maruz kalması halinde, sıkıştırma nedeniyle malzeme yapısında oluşan iç gerilmelerin rahatlaması sonucu sıkıştırılmış kalınlığın geri dönüş etkisinin olduğu belirtilmiştir [Morsing, 2000].

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde, sıkıştırma kalınlığındaki en yüksek geri dönüş oranı Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde elde edilirken bunu sırası ile 190 °C, 200 °C ve 210 °C’de ısıl işlem gören deney örnekleri izlemiştir. Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde, hava kurusu rutubette elde edilen sıkıştırma oranı neredeyse tamamen kaybedilmiştir. Hatta düşük sıkıştırma seviyelerinde (110 °C’de %20 ve 150 °C’de %20) sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı %100’ün üzerine çıkmıştır. Isıl işlem uygulaması ve sıcaklığın artması ile birlikte bu oranlarda kademeli olarak düşüşler olmuştur. Isıl işlem sonrası, ısıl işlemsiz örneklere göre sarıçamda %81, Doğu kayınında ise %83’e kadar sıkıştırma oranı kazanımı sağlanmıştır. Bu durum,

yoğunlaştırılmış örneklerdeki iç gerilmelerin ısıtma işlemiyle rahatlatılması ve ısıtma işlemi sonrası ağaç malzemelerin higrofbiklik (su iticilik) özelliğinin artması ile açıklanabilir. Literatürde, termo-mekanik yöntemle sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin şişmesinin ve sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranının ısıtma işlemi uygulamasından sonra azaldığı belirtilmiştir. Bu durumun, yoğunlaştırma sürecinde ağaç malzemenin hücre çeperi polimerlerinde meydana gelen iç gerilmelerin ısıtma işlemiyle rahatlatılması, ahşabın daha az higroskopik hale gelmesi ve su iticiliğinin artmasından kaynaklandığı bildirilmiştir [Dubey, 2010; Navi ve Heger, 2004; Dwianto ve ark., 1998]. Ayrıca, hidrotermal işlemlerden sonra sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranının önemli derecede azaldığı ve bu durumun ısıtma işlemi sürecinden sonra deforme olmuş durumdaki kovalent bağların oluşması ve ağaç malzemenin şekil ve ölçü etkisinden sorumlu çapraz bağların parçalanması ile açıklanabileceği belirtilmiştir [Inoue ve ark., 2008; Laine ve ark., 2013].

Bir başka çalışmada, ısıtma işlemi sonucu ligninin plastikleşmesi ve odunun lignoselülozik polimerik bileşiklerinin yeniden yapılanması ile ısıtma işlemi uygulanmış odunun artan hidrofobiklik karakteristiğinin boyutsal stabilitede etkili olduğu belirtilmiştir [Kocaefe ve ark., 2008].

6.1.4. Radyal sıkıştırma yönü şişme oranı

Suda bekletme testi sonrası, Knt1 (yoğunlaştırılmamış) Doğu kayını örnekleri sarıçama göre daha yüksek şişme oranı vermiştir. Ancak yoğunlaştırma sonrası tersi bir durum gerçekleşmiş ve sarıçam daha fazla şişme oranı vermiştir. Bu durum, yoğunlaştırma sonrası Doğu kayınının sarıçama göre daha fazla geri esneme oranına sahip olması (spring-back oranı) ve sarıçam malzemenin daha yüksek oranda su emme yeteneğine sahip olması ile açıklanabilir. Su emme oranı ortalama olarak sarıçamda %93,4 iken Doğu kayınında %78,5 olarak tespit edilmiştir.

Radyal sıkıştırma yönü şişme oranında, sıkıştırma seviyeleri ile orantılı olarak daha fazla sıkıştırma seviyesinde daha fazla şişme oranı elde edilmiştir. Bu durumun, ağaç malzemelerin sıkıştırılmadan önceki başlangıç ölçülerine geri dönme eğiliminde

olmalarından kaynaklandığı söylenebilir. 110 °C’de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri en yüksek şişme oranına sahip olup bunu sırası ile 150 °C’de %40, 110 °C’de %20 ve 150 °C’de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış örnekler izlemiş en düşük şişme oranı ise Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde elde edilmiştir. Sonuçlar hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranları ile paralellik göstermiş, sıkıştırma oranı artışı ile şişme oranında artmıştır. Literatürde, termo-mekanik olarak sıkıştırılmış deney örneklerinin, kontrol (yoğunlaştırılmamış) örneklerle göre kalınlık şişmesinin daha fazla olduğu ve bu durumun sıkıştırma işlemlerinden sonra deney örneklerinde meydana gelen springback etkisi ile açıklanabileceği, kalınlık yönünde şişme değerlerinin pres basıncının artması ile arttığı, pres sıcaklığının artması ile de azaldığı belirtilmiştir [Ünsal ve ark., 2011]. Başka bir çalışmada ise, sıkıştırma oranının, örneklerin boyutsal stabilitesini önemli derecede etkilediği, daha yüksek sıkıştırma oranında örneklerin daha fazla şiştiği, uygulanan yoğunlaştırma sıcaklığı ve süresi etkisinin boyutsal stabilitede önemli olmadığı belirtilmiştir [Cai ve ark., 2012].

Değişik çalışmalarda, ağaç malzemenin sıkıştırılarak yoğunluğunun arttırılabileceği fakat bu yöntemin önemli bir dezavantajının, yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin yüksek seviyede neme veya suya maruz kaldığında orijinal ölçülerine geri dönmesi olduğu belirtilmiştir. Bu şişmenin nedeninin ise hücre çeperinin suyun etkisi ile genişlemesi ve özellikle hücrenin eski şeklini geri almasından kaynaklandığı bildirilmiştir [Seborg ve ark., 1956; Kollmann ve ark., 1975; Blomberg ve ark., 2006].

Radyal sıkıştırma yönü şişme oranında ısıtıl işlem uygulaması çok etkili bir faktör olarak bulunmuştur. Şişme oranı en yüksek Knt2 (ısıtıl işlemsiz) deney örneklerinde elde edilirken bunu sırası ile 190 °C, 200 °C ve 210 °C’de ısıtıl işlem gören deney örnekleri izlemiştir. Isıtıl işlem sıcaklığının artması ile ters orantılı olarak şişme oranları düşüş göstermiştir. Isıtıl işlem sonrası, ısıtıl işlemsiz örneklerle göre sarıçamda %72, Doğu kayınında ise %74’e kadar boyutsal stabilizasyon sağlanmıştır. Bu sonuçlara göre, ısıtıl işlemin yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerin başlangıç ölçülerine geri dönme eğilimini ciddi ölçüde azalttığı söylenebilir. Bu durum, ısıtıl işlem

uygulamasından sonra ağaç malzeme polimerlerinin kimyasal bozunması nedeniyle iç gerilmelerin rahatlatılması ve malzemenin daha az higroskopik hale gelmesinden kaynaklanabilir.

Literatürde, ısıtıl işlem uygulaması sonrasında ağaç malzemenin kimyasal ve fiziksel yapısında bazı kalıcı değişikliklerin meydana geldiği, bu değişikliklerin temel nedeninin hemiselülozların termal bozunması olduğunu, bunun da ağaç malzemede suyu tutan hidroksil gruplarının azalmasına yol açtığı, dolayısı ile boyutsal stabilitenin iyileşmesine neden olduğu belirtilmiştir [ThermoWood Handbook, 2003]. Farklı çalışmalarda da, yoğunlaştırılmış ahşabın boyutsal stabilitesi üzerinde ısıtıl işlem uygulamalarının pozitif bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir [Hsu ve ark., 1988; Inoue ve ark., 1993; Dwianto ve ark., 1997; Navi ve Girardet, 2000; Wolcott ve Shutler, 2003; Heger ve ark., 2004; Kamke, 2006; Boonstra ve Blomberg, 2007; Kutnar ve ark., 2012].

6.1.5. Hava kurusu yoğunluk

Ağaç türü düzeyinde, hava kurusu yoğunluk Doğu kayınında sarıçamla göre daha yüksek bulunmuştur. Yoğunlaştırma işlemleri ile birlikte kontrol örneklerine göre sarıçamda %42, Doğu kayınında %35'e kadar yoğunluk artışı sağlanmıştır. Sarıçamda daha yüksek yoğunluk artışı elde edilmesi, bu malzemenin Doğu kayınına göre gevşek dokulu bir yapıya sahip olduğu için daha iyi sıkıştırılabilmesi ve geri esneme oranının daha düşük seviyelerde olması ile açıklanabilir. Literatürde de, ağaç malzemenin sıkıştırılması ile elde edilen yoğunluk artışının, ağaç türünün özelliklerine ve uygulanan yoğunlaştırma yöntemi ile sıkıştırma seviyesine bağlı olduğu belirtilmiştir [Rautkari, 2012].

Hava kurusu yoğunluk, Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde en düşük değerde elde edilirken, sıkıştırma işlemlerinden sonra kontrol örneklerine göre %11 - %38 arasındaki oranlarda artışlar olmuştur. Hava kurusu yoğunluk en yüksek, 110 °C'de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örneklerinde elde edilmiş bunu sırası ile 150 °C'de %40, 110 °C'de %20 ve 150 °C'de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış

deney örnekleri izlemiştir. Elde edilen yoğunluk değerleri, yoğunlaştırma sonrası hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranları ile paralellik göstermiş, yüksek sıkıştırma oranlarında daha yüksek hava kurusu yoğunluk değeri elde edilmiştir. Yoğunluklarda meydana gelen bu artışlar, sıkıştırma işlemlerinden sonra ağaç malzemenin boşluk hacminin azalması ve birim hacim başına düşen hücre çeperi miktarının artması ile açıklanabilir. Değişik çalışmalarda da, sıkıştırma oranı artışı ile yoğunluğun artış gösterdiği belirtilmiştir [Blomberg ve ark., 2005; Ünsal ve Candan, 2008; Ünsal ve ark., 2011; Arruda ve Menezzi, 2013].

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde hava kurusu yoğunluk, en yüksek Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde elde edilirken bunu sırası ile 190 °C - 200 °C ve 210 °C'de ısıl işlem gören deney örnekleri izlemiştir. 190 °C ve 200 °C'de ısıl işlem gören deney örneklerinde istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Isıl işlemle birlikte hava kurusu yoğunluklarda azalma meydana gelmiş, sıcaklık arttırıldıkça yoğunluklarda kademeli azalmalar olmuştur. Ancak 110 °C'de %40 ve 150 °C'de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış sarıçam örneklerinden 200 °C'de ısıl işlem görenlerde küçük çaplı yoğunluk artışları gözlenmiştir. Bu artışların, sıcaklığın etkisi ile iç gerilmeleri rahatlatılan ve daha az higroskopik hale gelen yoğunlaştırılmış deney örneklerinde geri esneme oranlarının düşmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Isıl işlem uygulaması ile birlikte hava kurusu yoğunlukta, %2 - %5 gibi küçük oranlarda azalmalar olmuştur. Hava kurusu yoğunluklardaki bu azalmalar, ısıl işlem uygulaması sonucu deney örneklerinde meydana gelen kütleli kayıplar ve denge rutubet miktarındaki düşme ile açıklanabilir. Literatürde de, ısıl işleme bağlı olarak yoğunluk kayıplarının yaşanmasında kütle kaybının önemli rol oynadığı belirtilmiştir [Yıldız, 2002; Perçin, 2012]. Ayrıca, ısıl işlemde sonra odun yoğunluğundaki azalmaların ana sebeplerinin; ısıl işlem süresince başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin buharlaşan uçucu ürünlere dönüşmesi, ekstraktif maddelerin buharlaşması ve ısıl işlem uygulaması ile odunun daha az higroskopik olması sonucu daha düşük denge rutubet miktarı olduğu belirtilmiştir [Korkut ve Kocaefe, 2009].

6.2. Mekanik Özellikler

6.2.1. Liflere paralel basınç direnci

Liflere paralel basınç direnci Doğu kayınında sarıçama göre daha yüksek bulunmuştur. Yoğunlaştırma işlemleri ile kontrol örneklerine göre sarıçamda %39, Doğu kayınında %36'ya kadar liflere paralel basınç direnci artışı sağlanmıştır. Sarıçamdaki direnç artışının Doğu kayınına göre daha fazla oluşu, hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranının ve yoğunluk artışının yüksek, geri esneme oranının ise daha düşük seviyelerde olması ile açıklanabilir. Literatürde de, termo-mekanik (TM) olarak sıkıştırılmış ağaç malzemenin direnç özelliklerinin işlem görmemiş ağaç malzemeden daha yüksek olduğu ve direnç özelliklerindeki artışın genellikle yoğunluk artışı ile orantılı olduğu belirtilmiştir [Morsing, 2000].

Liflere paralel basınç direnci en düşük Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde elde edilirken, sıkıştırma işlemleri sonrasında yoğunlaştırılmamış örneklere göre %14 - %37 arasındaki oranlarda artışlar sağlanmıştır. Liflere paralel basınç direnci en yüksek, 110 °C'de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örneklerinde elde edilmiş bunu sırası ile 150 °C'de %40, 110 °C'de %20 ve 150 °C'de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri izlemiştir. Liflere paralel basınç direncindeki artışlar sıkıştırma oranı ve yoğunluklar ile paralellik göstermiş, yüksek sıkıştırma oranı ve yoğunlukta, daha yüksek basınç direnci elde edilmiştir. Literatürde de, yoğunlaştırma sürecinden sonra direnç değerlerindeki artışların, ağaç malzemenin boşluk hacmindeki azalmadan ve yük taşıma özelliğine sahip birim hacimdeki hücre çeperi maddesi artışından kaynaklandığı belirtilmiştir [Ülker ve ark., 2012]. Bir başka çalışmada da, yoğunlaştırma periyodu sonunda elde edilen yoğunluk artışı ile; liflere paralel basınç direnci, radyal ve teğet yönlerdeki eğilme direnci ile Brinell sertlik değerlerinde artışların olduğu belirtilmiştir [Blomberg ve ark., 2005].

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde en yüksek liflere paralel basınç direnci, Knt2 (ısıtılmış) deney örneklerinde elde edilirken bunu sırası ile 190 °C, 200 °C ve 210

°C’de ısıtıl işlem gören deney örnekleri izlemiştir. Isıtıl işlem sonrası liflere paralel basınç direncinde azalmalar meydana gelmiş, sarıçamda %3,3 - %7, Doğu kayınında ise %5,6 - %12,6 arasındaki oranlarda azalma olmuştur. Liflere paralel basınç direncindeki bu azalmaların, ısıtıl işlem sonrası deney örneklerinde meydana gelen kütle kayıpları ve buna bağlı olarak gerçekleşen yoğunluk kayıplarından kaynaklandığı söylenebilir. Literatürde, ısıtıl işlem sonrası basınç direncinde görülen azalışlara; ağaç malzemenin molekülleri arasında kurulan bağların zayıflaması veya bağ kopmalarının yaşanması, meydana gelen kütle kayıpları ve hemiselülozların bozunmasının sebep olduğu belirtilmiştir [Yıldız, 2002; Perçin, 2012; Yıldız ve ark., 2006].

6.2.2. Eğilme direnci

Eğilme direnci Doğu kayınında sarıçama göre daha yüksek bulunmuştur. Doğu kayınında direncin yüksek çıkması; yoğunluğunun fazla olması ve anatomik yapısının farklı oluşundan kaynaklanmış olabilir. Yoğunlaştırma işlemleri sonunda kontrol örneklerine göre sarıçamda %35, Doğu kayınında %32’ye kadar eğilme direnci artışı sağlanmıştır.

Eğilme direnci değeri en düşük Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde elde edilirken, yoğunlaştırma işlemleri sonrasında yoğunlaştırılmamış örneklerle göre %5 - %33 arasındaki oranlarda artış sağlanmıştır. Eğilme direnci en yüksek, 110 °C’de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örneklerinde elde edilmiş bunu sırası ile 150 °C’de %40, 110 °C’de %20 ve 150 °C’de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri izlemiştir. Eğilme direncindeki artışlar sıkıştırma oranı ve yoğunluklar ile paralellik göstermiş, yüksek sıkıştırma oranı ve yoğunlukta daha yüksek eğilme direnci elde edilmiştir. Ayrıca, aynı sıkıştırma seviyesinde 150 °C’de yoğunlaştırılan deney örneklerinin eğilme direncinin 110 °C’de yoğunlaştırılanlara göre düşük çıkmasının sebebi, yüksek sıcaklığın etkisi ile ağaç malzemenin yapısında meydana gelen kimyasal bozunmalar olabilir. Literatürde, termo-mekanik sıkıştırma sonucunda, ağaç malzemede boşluk hacminin azalmasından dolayı yoğunluğun arttığı ve bu durumun mekanik özelliklerde bir artışa yol açabileceği,

mekanik özelliklerin pek çoğunun da ağaç malzeme yoğunluğu ile pozitif yönde ilişkili olduğu belirtilmiştir [Bowyer ve ark.,2003; Ülker ve ark., 2012; Blomberg ve ark., 2005; Tabarsa ve Chui, 1997].

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde en yüksek eğilme direnci, Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde elde edilirken bunu sırası ile 190 °C, 200 °C ve 210 °C’de ısıl işlem gören deney örnekleri izlemiştir. Isıl işlem sonrası eğilme direncinde azalışlar meydana gelmiş, sıcaklık arttıkça eğilme direnci değerleri de kademeli olarak azalmıştır. Isıl işlem sarıçamda %7 - %32, Doğu kayınında ise %9 - %40 arasındaki oranlarda eğilme direncinin azalmasına neden olmuştur. Eğilme direncindeki bu azalışlar, ısıl işlem sıcaklığının etkisiyle ağaç malzemenin kimyasal bileşenlerinde (selüloz, lignin, hemiselüloz) meydana gelen termal bozunma ile kütle kaybı ve yoğunluk kayıplarından kaynaklanmış olabilir. Literatürde, ısıl işlem sıcaklık ve süresinin artmasıyla eğilme direnci değerlerinin azaldığı bu durumda, yüksek sıcaklık etkisiyle oluşan termal bozunma sonucunda meydana gelen ağırlık kaybı ve aynı zamanda kimyasal analizler sonucunda ortaya çıkan hemiselüloz miktarındaki azalmayla ilişkilendirilebileceği belirtilmiştir [Yıldız, 2002]. Ayrıca, eğilme direncindeki azalma ile hemiselülozun bozunması arasında ilişki olduğu, ısıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça eğilme direncindeki azalmanın arttığı belirtilmiştir [Korkut ve Kocaefe, 2009].

6.2.3. Eğilmede elastikiyet modülü

Eğilmede elastikiyet modülü Doğu kayınında sarıçama göre daha yüksek bulunmuştur. Sonucun bu şekilde olması, Doğu kayınının yoğunluğunun fazla olmasından kaynaklanabilir. Yoğunlaştırma işlemleri sonrası eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde kontrol örneklerine göre sarıçamda %27, Doğu kayınında %24’e kadar artış sağlanmıştır. Literatürde, ağaç malzeme yoğunluğunun, onun diğer özellikleri ve kullanım limitleri hakkında fikir veren önemli bir faktör olduğu, örneğin; ağır odunun direncinin, esnekliğinin ve sertliğinin hafif oduna göre daha fazla olduğu belirtilmiş ayrıca, yoğunluk artışı ile elastikiyet modülünün de arttığı bildirilmiştir [Örs ve Keskin, 2008].

Eğilmede elastikiyet modülü en düşük Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde elde edilirken, yoğunlaştırma işlemleri sonrasında yoğunlaştırılmamış örneklere göre %4 - %25 arasında artış sağlanmıştır. Eğilmede elastikiyet modülü en yüksek, 110 °C’de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örneklerinde elde edilmiş bunu sırası ile 150 °C’de %40, 110 °C’de %20 ve 150 °C’de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri izlemiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki artışlar sıkıştırma oranı ve yoğunluklar ile paralellik göstermiş, yüksek sıkıştırma oranı ve yüksek yoğunlukta daha yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. Literatürde, termo-mekanik yöntemle yoğunlaştırmaya tabi tutulan ağaç malzemenin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün sıkıştırma oranındaki artışa paralel bir şekilde arttığı belirtilmiştir [Tabarsa ve Chui, 1997]. Ayrıca, termo-mekanik yoğunlaştırmada sıkıştırma oranının elastikiyet modülünü etkileyen en önemli faktör olduğu, pres sıcaklığı etkisinin çok önemli olmadığı bildirilmiştir [Lamason ve Gong, 2007].

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde en yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri, Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde elde edilirken bunu sırası ile 190 °C, 200 °C ve 210 °C’de ısıl işlem gören deney örnekleri izlemiştir. Isıl işlem sonrasında eğilmede elastikiyet modülünde azalmalar meydana gelmiş, sıcaklık arttıkça eğilmede elastikiyet modülü değerleri kademeli olarak azalmıştır. Isıl işlem sarıçamda %2,4 - %13,1; Doğu kayınında ise %1,6 - %13,3 arasındaki oranlarda eğilmede elastikiyet modülünün azalmasına neden olmuştur. Eğilmede elastikiyet modülündeki bu azalışlar, ısıl işlem sıcaklığı ile birlikte ağaç malzeme bileşenlerinde meydana gelen termal bozunma (yapısal hasar) ile kütle ve yoğunluk kayıplarından kaynaklanmış olabilir. Literatürde de, ısıl işlem sıcaklığı ve ortam şartlarındaki olumsuzluklar arttıkça, ağaç malzemedeki meydana gelen yapısal deformasyonların daha fazla olduğu ve bu durumun elastikiyet modülünü olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir [Mitchell,1988; Perçin, 2012].

6.3. Teknolojik Özellikler

6.3.1. Radyal yönde Brinell sertlik

Radyal yöndeki Brinell sertlik değeri, Doğu kayınında sarıçama göre daha yüksek bulunmuştur. Sertlik değerinin Doğu kayınında daha yüksek çıkması; yoğunluğunun fazla ve yıllık halkaları arasındaki yoğunluk farkının daha az olması ile açıklanabilir. Yoğunlaştırma işlemleri sonrasında radyal yöndeki Brinell sertlik değerinde, kontrol örneklerine göre sarıçamda %33, Doğu kayınında %35'e kadar artış sağlanmıştır. Literatürde, yoğunlaştırma işlemleri sonrasında ağaç malzemenin sertlik değerinde artış olduğu belirtilmiştir [Navi ve Girardet, 2000; Lamason ve Gong, 2007; Dubey, 2010; Rautkari ve ark., 2013].

Radyal yöndeki Brinell sertlik değeri en düşük, Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde elde edilirken, yoğunlaştırma işlemleri sonrasında kontrol örneklerine göre %9 - %31 arasındaki oranlarda artış sağlanmıştır. Radyal yöndeki Brinell sertlik değeri en yüksek, 150 °C'de %40 ve 110 °C'de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örneklerinde elde edilmiş bunları sırası ile 150 °C'de %20 ve 110 °C'de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri izlemiştir. Brinell sertlik değerleri sıkıştırma seviyeleri ile orantılı olarak artış göstermiş olup, yüksek sıkıştırma seviyesinde (%40) daha yüksek değerler elde edilmiştir. Sertlik değerlerindeki artışlar, sıkıştırma işlemlerinden sonra ağaç malzemedeki yoğunluk artışları ile açıklanabilir. Literatürde de, ağaç malzeme sertliğinin yoğunlaştırma oranı ile yakından ilişkili olduğu yoğunlaştırma oranı arttıkça sertlik değerlerinde arttığı belirtilmiştir [Ünsal ve ark., 2011; Rautkari ve ark., 2009]. 110 °C'de yoğunlaştırılan deney örnekleri 150 °C'de yoğunlaştırılanlara göre, yoğunlaştırma işlemi sonrası daha yüksek sıkıştırma oranı ve yoğunluk artışına sahip olmasına rağmen, Brinell sertlik değerleri 150 °C'de yoğunlaştırılanlar ile aynı ya da daha düşük çıkmıştır. Bu durum, daha düşük sıcaklıkta yoğunlaştırılan örneklerin sıkıştırma aşamasında yeterince yumuşatılamaması ve bunun da hücre çeperinde kırılma, çatlama, çökme gibi hasarlara sebep olmasından kaynaklanmış olabilir.

Literatürde, yoğunlaştırma işleminde ağaç malzemenin genel olarak; düşük sıcaklıkta, kısa işlem süresi ve düşük rutubet miktarında camsı bir davranış sergilediği bu haliyle sert ve kırılgan olarak nitelendirilebileceği, yüksek sıcaklık, uzun işlem süresi ve yüksek rutubet miktarında da ise elastik bir davranış sergilediği bu haliyle de esnek olarak nitelendirilebileceği belirtilmiştir. Bu iki farklı durum arasındaki geçiş aşamasının, sıcaklıktaki aşama değişikliğinin başlangıcı ile ilgili olduğu ve bunun da “kritik geçiş sıcaklığı” olarak adlandırıldığı bildirilmiştir. Ağaç malzemede yumuşama sıcaklığı olarak bilinen kritik geçiş sıcaklığının amorf polimerlerin yumuşama davranışının bir sonucu olduğu ve polimerlerin yumuşama sıcaklığına yaklaşıldığı zaman malzeme sertliğinin hızlı bir şekilde düştüğü ve moleküler hareketlilikte belirgin bir artış olduğu gözlenmiştir. Ahşabın viskoelastik yapısının sıkıştırma ve yoğunlaştırmada önemli bir rol oynadığı, hemiselüloz ve lignin camsı bir yapıda olduğu zaman ağaç malzemede kırılma çatlaklarının oluştuğu ve polimerlerin kırılgan olduğu, kritik geçiş sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda polimer hareketliliğinin desteklendiği ve moleküllerin yeniden düzenlenmesine izin verildiği belirtilmiştir. Ahşap sıcaklığının kritik geçiş sıcaklığının üzerinde olduğu sırada büyük bir deformasyon ve kırılma olmaksızın amorf polimerlerin yeniden düzenlenebileceği bildirilmiştir [Wolcott ve ark., 1990-1994; Kutnar ve Sernek, 2007].

Bir başka çalışmada, termo-mekanik yöntemle yoğunlaştırmaya tabi tutulan ağaç malzemede yapılan mikroskopik gözlemlerde, düşük sıcaklıklarda yüksek sıkıştırma oranı ile yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerde hücre çeperi kırılmalarının daha fazla olduğu ve bu durumunda direnç özelliklerinde azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir [Tabarsa ve Chui, 1997]. Ayrıca, ağaç malzemenin sıkıştırılmasından sonra yapılan gözlemlerde malzemenin hücre yapısında çökmelerin meydana geldiği ve bu çökmelerin ilkbahar odun dokusunda çok daha fazla görüldüğü, bunun sonucu olarak da özellikle ilkbahar odununda deformasyona neden olduğu belirtilmiştir [Tabarsa ve Chui, 2001; Doğu ve ark., 2010; Kultikova, 1999; Ahmed ve ark., 2013].

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde en yüksek radyal yöndeki Brinell sertlik değeri, Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde elde edilmiş olup bunu sırası ile 190 °C, 200 °C ve

210 °C’de ısıtıl işlem gören deney örnekleri izlemiştir. Isıl işlem sonrası örneklerin sertliğinde azalma olmuş, sıcaklık arttıkça sertlik değerleride kademeli olarak azalmıştır. Isıl işlem sonrasında Brinell sertlik değeri sarıçamda %12 - %26, Doğu kayınında ise %20 - %30 arasındaki oranlarda azalmıştır. Sertlikteki bu azalışlar, ısıtıl işlem uygulaması sonrası ağaç malzeme bileşenlerinde meydana gelen termal bozunma ile kütle kaybı ve yoğunluk kayıplarından kaynaklanmış olabilir. Değişik çalışmalarda da, ısıtıl işlem sıcaklığı arttıkça sertlik değerlerinde azalış olduğu belirtilmiştir [Yıldız, 2002; Korkut ve ark., 2008; Perçin, 2012]. Bir başka çalışmada, termo-mekanik yöntemle yoğunlaştırma sonrasında uygulanan ısıtıl işlemin Brinell sertlik değerleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir [Fang ve ark., 2012].

6.3.2. Teğet yönde Brinell sertlik

Teğet yöndeki Brinell sertlik değeri Doğu kayınında sarıçama göre daha yüksek bulunmuştur. Sertlik değerinin Doğu kayınında yüksek çıkması, yoğunluğunun fazla ve yıllık halkaları arasındaki yoğunluk farkının daha az olmasından kaynaklanabilir. Yoğunlaştırma işlemleri ile teğet yöndeki Brinell sertlikte, kontrol örneklerine göre sarıçamda %66, Doğu kayınında %78’e kadar artış sağlanmıştır.

Teğet yöndeki Brinell sertlik değerinde, sıkıştırma işlemleri ile yoğunlaştırılmamış (Knt1) örneklerle göre %30 - %72 arasındaki oranlarda önemli artışlar sağlanmıştır. Literatürde, ağaç malzemenin mekaniksel özelliklerinin malzeme yoğunluğu ile ilişkili olduğu bu nedenle ağaç malzeme yoğunluğunun artırılarak mekaniksel özelliklerinin örneğin, sertliğinin artırılabilceği belirtilmiştir [Rautkari, 2012]. Teğet yöndeki Brinell sertlik değeri en düşük Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde elde edilirken, en yüksek 150 °C’de %40 ve 110 °C’de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örneklerinde en yüksek değerler elde edilmiş bunları 150 °C’de %20 ve 110 °C’de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri izlemiştir. Brinell sertlik değerleri sıkıştırma seviyeleri ile orantılı olarak yüksek sıkıştırma seviyesinde (%40) daha yüksek elde edilmiştir. 110 °C’de yoğunlaştırılan deney örnekleri 150 °C’de yoğunlaştırılanlara göre, yoğunlaştırma

sonrası daha yüksek sıkıştırma oranı ve yoğunluk artışına sahip olmasına rağmen, Brinell sertlik değerleri 150 °C’de yoğunlaştırılanlar ile aynı homojenlikte çıkmış ve istatistiksel olarak farklılık gözlenmemiştir. Bu durum radyal yöndeki sertlik değerleriyle benzerlik göstermektedir.

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde teğet yöndeki Brinell sertlik değeri en yüksek, Knt2 (ısıl işlemsiz) deney örneklerinde elde edilirken bunu sırası ile 190 °C, 200 °C ve 210 °C’de ısıl işlem gören deney örnekleri izlemiştir. Isıl işlem sonrası örneklerin teğet yöndeki Brinell sertlik değerinde azalma olmuş, sıcaklık arttıkça sertlik değerleri de kademeli olarak azalmıştır. Isıl işlem sonrasında Brinell sertlik değeri sarıçamda %18 - %25, Doğu kayınında ise %22 - %34 arasındaki oranlarda azalmıştır. Teğet yönde Brinell sertlik değerindeki bu azalışların, ısıl işlem sıcaklığı ile birlikte ağaç malzeme bileşenlerinde (selüloz, lignin, hemiselüloz) meydana gelen termal bozunma ile kütle kaybı ve yoğunluk kayıplarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde, farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem uygulaması yapılan araştırma sonuçlarında, ısıl işlem sıcaklığı ve işlem süresi arttıkça ağaç malzemenin teknolojik özelliklerinin bundan zarar gördüğü belirtilmiştir [Korkut ve ark., 2008].

6.4. Üstyüzey İşlemlerine Ait Özellikler

6.4.1. Verniklerin kuru katman (film) kalınlığı

Ağaç malzeme yüzeylerine uygulandıktan sonra tam kuruması gerçekleşen verniklerin kuru film kalınlığında ağaç türü ve vernik çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemsiz, yoğunlaştırma koşulları ve ısıl işlem sıcaklığı etkisi ise önemli bulunmuştur.

Verniklerin kuru film kalınlığı, Knt1 (yoğunlaştırılmamış) deney örneklerinde en düşük değerde elde edilirken, yoğunlaştırılmış örneklerde kuru film kalınlığı artış göstermiştir. En yüksek değerler 150 °C’de %40 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örneklerinde elde edilmiş ve bunu sırası ile 110 °C’de %40, 150 °C’de %20 ve 110 °C’de %20 sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış deney örnekleri izlemiştir. Kuru film

kalınlığı, örneklerin sıkıştırma seviyeleri ile orantılı olarak artış göstermiş, yüksek sıkıştırma seviyesinde (%40) daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu durum, yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerin boşluk hacmindeki azalma nedeni ile özellikle dolgu katı aşamasında vernik sıvısı emiliminin yoğunlaştırılmamış ağaç malzemeye göre daha düşük seviyelerde olması ile açıklanabilir. Ayrıca yoğunlaştırma aşamasında yüksek sıcaklık ve basıncın etkisi ile malzeme yüzeylerinin ıslanabilirlik özelliklerinin azalmış olması da sonuçlar üzerinde etkili olabilir. Literatürde, yoğunlaştırılmış ağaç malzeme yüzeylerinin ıslanabilirlik özelliklerinin azaldığı belirtilmiştir [Rautkari, 2012; Santos ve ark., 2012; Arruda ve Menezzi, 2013].

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde en yüksek kuru film kalınlığı, Knt2 (ısıl işlemsiz) ve 190 °C sıcaklıkta işlem görmüş deney örneklerinde elde edilirken bunları sırası ile 200 °C ve 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş deney örnekleri izlemiştir. Isıl işlem sıcaklığının artması ile verniklerin kuru film kalınlığında azalma olmuştur. Vernik uygulanacak deney örneklerinde perdah amacı ile yapılan zımparalama işlemlerinden sonra, ısıl işlem görmüş deney örneklerinde ölçülen yüzey pürüzlülük değerlerinin kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerine göre çok daha yüksek değerlerde olduğu ve ısıl işlem sıcaklığı artışı ile yüzey pürüzlülük değerlerinde arttığı belirlenmiştir. Vernik uygulamalarından önce deney örnekleri yüzeylerinde ölçülen pürüzlülük değerlerinin, verniklerin kuru film kalınlığı üzerinde etkili olduğu ve pürüzlülük değeri yüksek olan ağaç malzeme yüzeylerinde vernik emiliminin daha fazla olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, ısıl işlem sıcaklığına bağlı olarak deney örneklerinde meydana gelen kütle kayıpları ile örnek yüzeylerinde oluşan kılcal çatlakların vernik emilimini arttırmış olabileceği ve buna bağlı olarak kuru film kalınlık değerlerinin bir miktar azaldığı söylenebilir. Literatürde, ön hazırlık (perdah) işlemlerinin iyi yapılmadığı ağaç malzeme yüzeylerinde boya ve vernik emiliminin daha fazla olduğu; en iyi yüzey pürüzlülük performansının, iyi hazırlık işlemi görmüş malzeme yüzeylerinde elde edildiği ve vernik/boya tüketim miktarının da yarı yarıya azaldığı belirtilmiştir [Richter ve ark., 1995; Çakıcıer, 2007].

6.4.2. Yüzey pürüzlülüğü

Sarıçam ve Doğu kayını örneklerinde vernik uygulaması yapılmadan önce elde edilen ölçüm sonuçlarına göre; yoğunlaştırma işlemlerinden sonraki yüzey pürüzlülük değerinde azalma görülmüş, yüksek sıkıştırma oranlarında daha düşük yüzey pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Bu durum, yoğunlaştırma işlemleri ile ağaç malzemenin hücreler arası boşluklarının azalması ve daha sıkı bir yapıya kavuşmuş olmasından kaynaklanabilir. Literatürde de, yoğunlaştırma işlemleri ile yüzey pürüzlülüğünün önemli ölçüde azaltıldığı bildirilmiştir [Arruda ve Menezzi, 2013]. Ayrıca, yoğunlaştırma işlemi yapılan ağaç malzemenin hiçbir yüzey kaplaması kullanılmadan da pürüzsüz ve parlak bir yüzeye sahip olabileceği bildirilmiştir. [Lamason ve Gong, 2007]. Aynı sıkıştırma seviyesinde 150 °C pres sıcaklığında yoğunlaştırılan deney örnekleri 110 °C’de yoğunlaştırılanlara göre daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri vermiştir. Bu durum, daha düşük sıcaklıkta (110 °C) yoğunlaştırılan deney örneklerinin sıkıştırma aşamasında yeterince yumuşatılamaması ve bu nedenle pres basıncın etkisi ile hücre yapısında oluşan hasarın (kırılma, çatlama, çökme v.b.) daha fazla olmasından kaynaklanabilir. Literatürde, ağaç malzemenin sıkıştırılarak yoğunlaştırılmasından sonra hücre yapısında meydana gelen çökmelerin şekli ve miktarının yoğunlaştırılmış malzemenin fiziksel ve mekaniksel özellikleri üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu, ayrıca yoğunlaştırılmış ağaç malzeme performansının sıkıştırma sürecinde uygulanan parametrelerden etkilendiği belirtilmiştir [Kultikova, 1999]. Bir başka çalışmada, termo-mekanik yöntemle yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerde yapılan mikroskobik gözlemlerde hücre çökmeleri-kırılmalarının olduğu bildirilmiştir [Navi ve Girardet, 2000].

Vernik uygulamaları yapılmadan önce sarıçam ve Doğu kayını deney örneklerinden elde edilen ölçüm sonuçlarına göre; en yüksek yüzey pürüzlülük değeri, ısıtılma işlemi uygulanmış deney örneklerinde elde edilmiştir. Isıtılma işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak yüzey pürüzlülük değerlerinde de artış olmuştur. Bu sonuçlar üzerinde, vernikleme öncesi yapılan zımparalama işlemlerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Zira ısıtılma işlem sonrası yapısal hasar ve kütle kayıpları meydana gelen örneklerdeki

yapılan zımparalama işlemlerinin, ısı işlem sıcaklığı artışına bağlı olarak daha fazla deformasyona neden olduğu gözlenmiştir. Bu durumun yüzey kalitesinin düşmesinde ve pürüzlülüğün artmasında etkili olduğu söylenebilir. Literatürde de, ısı işlem uygulamasından sonra, sıcaklık artışına paralel olarak ağaç malzemenin aşınma direncinde önemli ölçüde azalma olduğu belirtilmiştir [Sefil, 2010]. Bir başka çalışmada, uygulanan ısı işlem sıcaklığının artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinin artış gösterdiği belirtilmiştir [Budakçı ve ark., 2011]. Bazı çalışmalarda ise, ısı işlem uygulamalarından sonra yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı veya yüzey düzgünlüğünün iyileştiği belirtilmiştir [Unsal ve Ayrılmış, 2005; Korkut ve Budakçı, 2010; Özcan ve ark., 2012; Sevim Korkut ve ark., 2013; Bakar ve ark., 2013; Aydin, 2013]. Bu çalışmada elde edilen ısı işlem sonrası pürüzlülük değerlerinin literatürde belirtilen çalışmalardan farklı bulunması; ısı işlem sonrası ağaç malzeme yüzeyinde değişik kesicilerle (planyalama, zımparalama v.b.) yapılan işlemlerin farklılaşmasından kaynaklanmış olabilir.

Vernik uygulamalarından sonra, yüzey pürüzlülük değerlerinde azalmalar olmuştur. Yoğunlaştırma işlemi yapılmış ısı işlemsiz (Knt2) deney örneklerinde yüzey pürüzlülük değeri Knt1 (yoğunlaştırılmamış) örneklerle göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca yüksek sıkıştırma oranlarında daha yüksek yüzey pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Vernik uygulamalarından sonra elde edilen sonuçlar bu yönüyle vernikleme öncesi elde edilen sonuçlara göre tamamen zıtlık oluşturmaktadır. Bu durumun, yoğunlaştırma işlemi sonrası başlangıç ölçülerine geri dönme eğiliminde olan deney örneklerinin, vernik bileşiminde bulunan suyun etkisi ile şişmesinden ve yüzey düzgünlüğünün bozulmasından kaynaklandığı söylenebilir. Yapılan gözlemlerde de ilkbahar odun dokusunun yaz odunu dokularına göre daha fazla şiştiği (geri esneme) bu durumda örnek yüzeylerinde “*dalgali oluşuma*” neden olduğu tespit edilmiştir. Yoğunlaştırılmış ancak ısı işlem yapılmamış deney örnekleri yüzeylerinde oluşan bu durumun, daha yüksek oranda sıkıştırılmış (%40) deney örneklerinde daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Yoğunlaştırılmadan (Knt1) ısı işlem görmüş deney örneklerinde vernik uygulamalarından sonra oluşan yüzey pürüzlülük değerleri, vernikleme öncesi elde

edilen yüzey pürüzlülük değerleri ile paralellik göstermiştir. Yoğunlaştırılmış ve ısıtılmış işlem görmüş deney örneklerinde vernik uygulaması sonrası oluşan yüzey pürüzlülük değerleri, ısıtılmış işlemsizler (Knt2)'e göre daha düşük değerlerde kalmıştır. Özellikle 190 °C ve 200 °C'de ısıtılmış işlem görmüş deney örnekleri daha az yüzey pürüzlülük değerleri vermiştir. Bu durum, ısıtılmış işlem uygulamasından sonra iç gerilmesi ve higroskopisitesi azalan deney örneği yüzeylerinde vernikleme işlemlerinden sonra görülen şişmenin (dalgalı oluşum) ve oluşması muhtemel lif kabarmalarının engellenmiş olması ile açıklanabilir. Literatürde, ısıtılmış işlem uygulamalarından sonra değişik türdeki ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan su bazlı vernik katmanlarında, ısıtılmış işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün azaldığı belirtilmiştir [Güler, 2010]. 210 °C'de ısıtılmış işlem görmüş deney örneklerinde, vernik uygulamalarından sonra elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri diğer ısıtılmış işlem sıcaklıklarına göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durumun, vernik uygulamalarından önce örnek yüzeylerinde yapılan zımparalama işlemleri ile ısıtılmış işlemli örneklerin yüzeylerinde oluşan yüksek seviyedeki pürüzlülüğün, düşük katı madde miktarı ve küçük molekül iriliğine sahip su bazlı vernikler ile tam olarak giderilememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca ısıtılmış işlem esnasında deney örnekleri yüzeylerinde ve özellikle yaz odununda meydana gelen kılcal çatlamların da sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Literatürde, su bazlı verniklerin küçük moleküllü olmaları nedeniyle çok ince katmanlar verdiği ve bu durumunda katman özelliklerini etkilediği belirtilmiştir [Sönmez ve ark., 2004; Kesik, 2009]. Ayrıca ağaç malzemedeki boşlukların vernik tarafından tam olarak doldurulamaması halinde düzgün bir yüzey elde edilemediği, bu durumun katman parlaklığını azaltıcı etki yaptığı belirtilmiştir [Sönmez ve ark., 2004].

Yüzey pürüzlülük değeri, tek bileşenli su bazlı vernik (Tbs) uygulanmış yüzeylerde çift bileşenli su bazlı vernik (Çbs) uygulananlara göre daha düşük bulunmuştur. Dolgu katından sonra katı madde oranlarına göre, çift bileşenli verniğin iki, tek bileşenli verniğin ise üç kat uygulanmış olmasının sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Dolgu katından sonra üç kat uygulanan tek bileşenli verniğin ağaç malzeme gözeneklerini daha iyi doldurmuş olması yüzey pürüzlülük değerlerinin daha düşük çıkmasında etkili olmuştur.

6.4.3. Yüzey parlaklığı

Vernik uygulamaları yapılmadan önce sarıçam ve Doğu kayını deney örneklerinden elde edilen ölçüm sonuçlarına göre, yoğunlaştırma işlemlerinden sonra yüzey parlaklığında küçük artışlar olmuştur. Bu durum, yoğunlaştırılmış örnek yüzeylerinin pürüzlülük değerlerinin azalmasından ve ışık yansıtma kabiliyetinin artmasından kaynaklanmış olabilir.

Vernik uygulamalarından önceki ölçüm sonuçlarına göre; ısıtma işlemi uygulanmış deney örneklerinin yüzey parlaklık değerleri, Knt2 (ısıtma işlemleri) deney örneklerine göre daha düşük bulunmuştur. Isıtma işlemi sıcaklığının artması ile birlikte yüzey parlaklık değerlerinde de azalma olmuştur. En düşük parlaklık değeri 210 °C'de ısıtma işlemi görmüş örneklerde elde edilmiştir. Vernikleme öncesi yapılan zımparalama işlemleri ile örnek yüzeylerinde meydana gelen pürüzlülük farklılaşmasının sonuçları üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Yoğunlaştırma işlemi yapılmış ısıtma işlemleri (Knt2) deney örneklerinde vernik uygulamalarından sonra oluşan yüzey parlaklık değerleri, Knt1 (yoğunlaştırılmamış) örneklerle göre daha düşük bulunmuştur. Doğu kayını örneklerinde bu durum daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Ayrıca yüksek sıkıştırma oranlarında (110 °C / %40 ve 150 °C / %40) yoğunlaştırılmış, ısıtma işlemleri (Knt2) deney örneklerinde daha düşük yüzey parlaklık değerleri elde edilmiştir. Bu durumun, yoğunlaştırılmış ancak ısıtma işlemi uygulanmamış deney örneklerinin, vernik uygulamalarından sonra vernik bileşiminde bulunan suyun etkisi ile özellikle ilkbahar odununun şişmesinden (dalgalı oluşum) ve yüzey düzgünlüğünün bozulmasından kaynaklandığı söylenebilir. Parlaklık değerlerinin Doğu kayını sarıçamına göre daha fazla düşük olmasının nedeni, örnek yüzeylerinde meydana gelen şişmenin (dalgalı oluşum) şekilsel farklılığı ve Doğu kayını örneklerinin yüzey pürüzlülüğünün daha fazla artması ile açıklanabilir.

Yoğunlaştırma işlemi yapılmadan ısıtma işlemi görmüş Doğu kayını, vernik uygulamalarından sonra oluşan yüzey parlaklık değerleri, vernikleme öncesi elde

edilen yüzey parlaklık değerleri ile paralellik göstermiştir. Vernik uygulamasından sonra, ısıtım işlemi görmüş deney örneklerinin parlaklık değerleri ısıtım işlemlisiz (Knt2) örneklere göre daha düşük çıkmıştır. Sarıçamda ise 190 °C’de ısıtım işlemi görmüş örneklerin parlaklık değerlerinde çok az artış olmuş, 200 °C ve 210 °C’de işlem gören örneklerde tekrar düşüş görülmüştür. Literatürde, ısıtım işlemi sonrasında su bazlı vernik uygulanmış farklı ağaç malzemelerde yüzey parlaklık değerlerinin ısıtım sıcaklığı ve süresine bağlı olarak düşüş gösterdiği belirtilmiştir [Özalp ve ark., 2009; Güler, 2010; Çakıcıer ve ark., 2011]. Ayrıca ısıtım işlemi uygulandıktan sonra su bazlı vernik uygulanmış ağaç malzeme yüzeylerindeki parlaklık değerlerinin, ısıtım işlemlisiz örneklerin parlaklık değerlerinden daha yüksek bulunduğı belirtilmiştir [Çakıcıer ve ark., 2011].

Yoğunlaştırılmış ve 190 °C - 200 °C’de ısıtım işlemi görmüş sarıçam ve Doğu kayını örneklerinde vernik uygulamalarından sonra oluşan yüzey parlaklık değerleri, ısıtım işlemlisizler (Knt2)’e göre genel olarak daha yüksek bulunmuştur. Özellikle 190 °C’de ısıtım işlemi görmüş deney örnekleri vernik uygulamalarından sonra en yüksek yüzey parlaklık değerlerini vermiştir. Bu durum, yoğunlaştırılmış deney örneklerinde vernik uygulamalarından sonra meydana gelen şişmenin (dalgalı oluşum) ve lif kabarmalarının ısıtım işlemi uygulaması ile engellenerek yüzey düzgünlüğünün sağlanmış olması ile açıklanabilir. Literatürde, su çözücülü verniklerin bileşiminde bulunan su nedeniyle, özellikle yıllık halkaları arasında yoğunluk farkının fazla olduğu ağaç malzeme yüzeylerinde lif kabarmasının görüldüğü, bu durumun yüzey düzgünlüğünü olumsuz etkilediğı ve yüzey parlaklığını düşürücü etkide bulunduğı belirtilmiştir [Sönmez ve ark., 2004]. 210 °C’de ısıtım işlemi görmüş deney örneklerinde vernik uygulamalarından sonra elde edilen yüzey parlaklık değerleri, ısıtım işlemlisiz (Knt2) ve diğer ısıtım işlemi sıcaklıklarında işlem gören örneklere göre daha düşük çıkmıştır. Sonuçlar üzerinde, vernik uygulamalarından sonra deney örneklerinden elde edilen yüksek pürüzlülük değerlerinin etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca ısıtım işlemi sonrası deney örneklerinde meydana gelen renk koyulaşmasıyla, yüzeye gelen ışığın bir miktar emilerek şiddetinin ve yansıma açısının değişmiş olabileceğinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Vernik uygulamaları sonrasında yüzey parlaklık değerinde vernik uygulanmamış (Knt3) deney örneklerine göre önemli artışlar olmuştur. Bu durumun örnek yüzeylerindeki vernik katmanının yüzeye gelen ışığın şiddetini azaltmadan aynı ya da benzer bir açıyla geri yansıtmasından kaynaklandığı söylenebilir. Literatürde, düzgün ve kusursuz yüzeylerin belirli bir yönden gelen ışığı aynı yada benzer bir açı ile yansıttığı bildirilmiştir [Sönmez, 1989]. Parlaklık değerleri tek bileşenli su bazlı verniklerde çift bileşenli su bazlı verniklere göre daha yüksek bulunmuştur. Dolgu katından sonra katı madde oranlarına göre, çift bileşenli verniğin iki, tek bileşenli verniğin ise üç kat uygulanmış olması ve buna bağlı olarak vernikli örnek yüzeylerinde oluşan pürüzlülük değerlerinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir. İnce katlar halinde ve üç kat uygulanan tek bileşenli su bazlı verniğin ağaç malzeme yüzeyindeki boşlukları daha iyi doldurması nedeniyle yüzey düzgünlüğünün daha iyi olmasına yol açmıştır. Ayrıca verniklerin yapısal farklılığıda (reçine tipi, kuruma mekanizması, formülasyon v.b.) sonuçlar üzerinde etkili olabilir. Literatürde, vernik katman parlaklığının yüzeyin düzgünlük durumuna bağlı olduğu, parlaklık etkisinin gözenekleri tamamen doldurulmuş bir malzeme yüzeyindeki düzgün ve pürüzsüz bir vernik katmanı ile sağlanabileceği, ayrıca tam parlak bir vernik katmanında yüzeye gelen ışık ile yansıyan ışığın yüzeye yaptıkları açıların birbirine eşit olduğu bildirilmiştir [Şanıvar, 2001].

6.4.4. Pandüllü (salınımsal) yüzey sertliği

Vernik uygulamaları yapılmadan önce sarıçam ve Doğu kayını deney örneklerinden elde edilen ölçüm sonuçlarına göre; yoğunlaştırma işlemleri sonrasında yüzey sertlik değerlerinde artış olmuş, yüksek sıkıştırma oranlarında daha yüksek yüzey sertlik değeri elde edilmiştir. Bu durum, yoğunlaştırma işlemleri sonucu ağaç malzemedeki yoğunluk artışlarından kaynaklanmış olabilir. Literatürde, ağaç malzemenin bir çok özelliğinin yoğunluğu ile ilişkili olduğu ve ağaç malzeme yoğunluğunu arttırarak bu özelliklerin de geliştirilebileceği belirtilmiştir [Sandberk ve ark., 2013; Kutnar ve Sernek, 2007].

Vernik uygulamaları yapılmadan önce sarıçam ve Doğu kayını deney örneklerinden elde edilen ölçüm sonuçlarına göre; 190 °C - 200 °C’de ısıtıl işlem uygulanmış deney örneklerinin yüzey sertlik değerleri, Knt2 (ısıtıl işlemsiz) deney örneklerine göre yüksek bulunmuştur. 210 °C’de ısıtıl işlem uygulanmış deney örneklerinin yüzey sertlik değerlerinde ise azalma olmuştur. 190 °C ve 200 °C’de ısıtıl işlem uygulanmış deney örneklerinin yüzey sertlik değerindeki artışların nedeni, denge rutubet miktarlarındaki düşüşle birlikte malzelerin daha sert bir yapıya kavuşmuş olması ile açıklanabilir. Literatürde, ağaç malzemedeki fazla rutubetin yüzey sertlik değerini düşürücü etkide bulunduğu, %8 rutubette %10 ve %12 rutubete göre daha yüksek sertlik değerlerinin elde edildiği belirtilmiştir [Pelit, 2007; Sönmez ve ark., 2011]. 210 °C’de ısıtıl işlem uygulanmış deney örneklerindeki yüzey sertlik değerinin azalmasının nedeni ise, diğer ısıtıl işlem sıcaklıklarına göre malzemedeki yoğunluk kayıplarının ve yüzey pürüzlülük değerlerinin daha fazla olması ile açıklanabilir.

Yoğunlaştırma işlemi yapılmış ısıtıl işlemsiz (Knt2) deney örneklerinde vernik uygulamalarından sonraki yüzey sertlik değerleri, Knt1 (yoğunlaştırılmamış) örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca yüksek sıkıştırma oranlarında (110 °C / %40 ve 150 °C / %40) yoğunlaştırılmış ısıtıl işlemsiz (Knt2) deney örneklerinde daha düşük yüzey sertlik değerleri elde edilmiştir. Özellikle sarıçam örneklerinde bu durum daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Vernik uygulamalarından sonra elde edilen sonuçlar bu yönüyle vernikleme öncesi elde edilen sonuçlara göre tamamen zıtlık oluşturmaktadır. Bu durumun daha öncede belirtildiği gibi, yoğunlaştırılmış ancak ısıtıl işlem uygulanmamış (Knt2) deney örneklerinde, vernik uygulamalarından sonra vernik bileşiminde bulunan suyun etkisi ile özellikle ilkbahar odununda sebep olduğu şişme (dalgalı oluşum) nedeniyle örneklerin yüzey düzgünlüğünün bozulmuş olmasından ve buna bağlı olarak ölçümlerin hassas yapılamayışından kaynaklandığı söylenebilir. Sertlik değerlerinin sarıçamda Doğu kayınına göre daha fazla azalmasının nedeni ise, örneklerin yüzey düzgünlüğündeki bozulmanın şekilsel olarak farklılaşması ile açıklanabilir.

Yoğunlaştırılmadan (Knt1) ısıtıl işlem görmüş sarıçam örneklerinde, vernik uygulamalarından sonra oluşan yüzey sertlik değerleri, ısıtıl işlemsiz (Knt2) örneklere

göre artış göstermiştir. Sertlik değerleri en yüksek 200 °C'de ısıtıl işlem gören örneklerde elde edilmiştir. Yoğunlaştırılmadan (Knt1) ısıtıl işlem görmüş Doğu kayını örneklerinin sertlik değerleri ise, ısıtıl işlemsiz (Knt2) örneklerle benzer çıkmıştır.

Yoğunlaştırılmış ve ısıtıl işlem görmüş sarıçam örneklerinde vernik uygulamalarından sonra tüm yoğunlaştırma koşullarında yüzey sertlik değerleri artış göstermiştir. Doğu kayınında ise, yüksek sıkıştırma oranlarında (110 °C / %40 ve 150 °C / %40) yoğunlaştırılmış deney örneklerinde artışlar olmuştur. Yüzey sertlik değerindeki bu artışlar, yoğunlaştırılmış deney örneklerinde vernik uygulamalarından sonra özellikle ilkbahar odununda meydana gelen şişmenin (dalgalı oluşum) ısıtıl işlem uygulaması ile engellenerek yüzey düzgünlüğünün sağlanmış olması ve denge rutubetlerindeki düşüşle açıklanabilir.

Vernik uygulamaları örneklerin yüzey sertlik değerlerini artırmıştır. Yüzey sertlik değerlerindeki bu artışlar sarıçam örneklerinde daha yüksek oranda olmuştur. Bu durum, örnek yüzeylerindeki vernik katmanı sertliğinin ağaç malzeme sertliğinden daha fazla olması ile açıklanabilir. Yüzey sertlik değerlerinin sarıçam örneklerinde daha fazla artış göstermesinin nedeni ise, vernikleme öncesinde sarıçam örneklerin sertlik değerlerinin düşük olması, Doğu kayını örneklerin sertliğinin ise vernik katmanı sertliğine yakın değerde olması ile açıklanabilir. Her iki vernik türü (Tbs ve Çbs) de benzer sertlik değeri vermiş ve aralarında istatistiksel olarak farklılık gözlenmemiştir.

6.4.5. Verniklerin yüzeye yapışma direnci

Yoğunlaştırma işlemi yapılmış ısıtıl işlemsiz (Knt2) sarıçam örneklerinde vernik uygulamalarından sonra elde edilen yüzeye yapışma direnci değerleri, yoğunlaştırılmamış (Knt1) ısıtıl işlemsiz (Knt2) örneklerle aynı düzeyde veya daha düşük bulunmuştur. Bu durum, yoğunlaştırma işlemleri sonrasında daha sık dokulu bir yapı kazanan ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğü ve yüzey ıslanabilirliğindeki azalma nedeniyle, vernik sıvısının ağaç malzeme gözeneklerine tam olarak girememesi sonucu mekanik adezyonun zayıflamış olmasından kaynaklanabilir.

Literatürde, yoğunlaştırma işlemleri ile yüzey pürüzlülüğü ve ıslanabilirliğinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir [Arruda ve Menezzi, 2013]. Diğer taraftan, yoğunlaştırılmış ve ısıtılmış işlem uygulanmamış örnek yüzeylerinde vernik uygulamalarından sonra meydana gelen dalgalı oluşum nedeniyle, çekme testlerinde metal silindir yüzeyine sürülen yapıştırıcı miktarının artırılarak kullanılmış olması da sonuçlar üzerinde etkili olabilir.

Doğu kayını örneklerinde ise tersi bir durum yaşanmış, yoğunlaştırma işlemi yapılmış ısıtılmış işlem (Knt2) örneklerin yüzeye yapışma direnci, yoğunlaştırılmamış (Knt1) ısıtılmış işlem (Knt2) örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur. Sıkıştırma seviyeleri ile orantılı olarak, yüksek sıkıştırma oranlarında (110 °C / %40 ve 150 °C / %40) daha yüksek yüzeye yapışma direnci değerleri elde edilmiştir. Bu durum, yoğunlaştırma işlemleri sonrasında daha düzgün ve pürüzsüz bir yüzey elde edilen Doğu kayını örneklerinde, vernik katmanı ile ağaç malzeme ara kesitinde oluşan spesifik adezyon bağının artması ile açıklanabilir.

Isıtılmış işlem uygulanmış her iki ağaç türünde ve tüm gruplarda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci değerlerinde azalma görülmüştür. Isıtılmış işlem sıcaklığının artması direnç değerlerindeki azalmanın şiddetini artırmıştır. Isıtılmış işlem görmüş deney örneklerinde, vernik katmanının yapışma direncini belirlemek için yapılan çekme testlerinde kopmalar, genellikle ağaç malzeme vernik katmanı ara kesitinde gerçekleşmeyip ağaç malzemeden lif kopması şeklinde olmuştur. Bu durum, ısıtılmış işlem uygulaması ile ağaç malzemenin temel bileşenlerinde görülen termal bozunma sonucu moleküler arasındaki bağların ısıtılmış işlem sıcaklığına bağlı olarak zayıflamış olabileceğine işaret ederken, diğer taraftan da vernik katmanı ile ağaç malzeme arasında gerçekleşen adezyon bağlarının, ısıtılmış işlem sonrasında bozunmaya uğramış ağaç malzeme molekülleri arasındaki kohezif bağlardan yüksek olduğunu göstermektedir. Literatürde, ısıtılmış işlem sonrası görülen direnç azalmalarına, odun polimerlerinin depolimerizasyon reaksiyonlarının neden olduğu, 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda moleküller arasındaki ve moleküllerin kendi içerisindeki bağların kopmaya başladığı ve kopan bağların oranının sıcaklık artışı ile arttığı belirtilmiştir [Kotilainen, 2000; Yıldız, 2002].

Yoğunlaştırılmış ve 200 °C - 210 °C’de ısıtılmış deney örneklerinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direncindeki azalma, yoğunlaştırılmamış (Knt1) ısıtılmış örnekler göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum Doğu kayını örneklerinde daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Yoğunlaştırma işlemleri sonrasında ağaç malzemenin hücre yapısında oluşan hasar (kırılma, çatlama vb.) ile birlikte ısıtılmış işlem sonucu ağaç malzeme bileşenlerinde görülen kimyasal bozunmanın sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Literatürde, yoğunlaştırma işlemlerinden sonra ağaç malzemenin hücre çeperinde kırılmaların meydana geldiği ve hücre çeperindeki bu değişikliklerin çekme testi sonuçlarını etkilediği belirtilmiştir [Kultikova, 1999]. Diğer taraftan, yoğunlaştırılmış ağaç malzemeye uygulanan ısıtılmış işlemin hemiselüloz başta olmak üzere ağaç malzeme polimerlerinde normal ağaç malzemeye göre daha fazla bozunmaya yol açtığı belirtilmiştir [Dwianto ve ark., 1997; Hsu et al.1988; Dubey, 2010]. Değişik türdeki iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç odunlarıyla yapılan ısıtılmış işlem araştırmalarında; genel olarak geniş yapraklı ağaç odunlarında iğne yapraklı ağaç odunlarına göre daha fazla bozunma olduğu belirtilmiştir [Militz, 2002; Yıldız, 2002].

Çift bileşenli su bazlı vernik (Çbs) katmanlarının yüzeye yapışma direnci tek bileşenli su bazlı vernik (Tbs) katmanlarının yapışma direncinden daha yüksek bulunmuştur. Sonucun bu şekilde olmasında, bu iki vernik türünün reçine tipi ve kuruma mekanizmalarının farklı olmasının yanı sıra, vernik katmanı ile ağaç malzeme arasında kurulan adezyon bağlarının çift bileşenli su bazlı vernikte daha güçlü olmasının etkili olduğu söylenebilir. Literatürde; vernik katmanlarında elde edilen en yüksek yapışma direncinin, kurumasını ağaç malzeme yüzeyinde kimyasal reaksiyon sonucu tamamlayan verniklerde elde edildiği bildirilmiştir [Budakçı, 2003].

Öneriler

Yoğunlaştırılmış sarıçam ve Doğu kayını örneklerinde, fiziksel özelliklerden hava kurusu rutubetteki sıkıştırma oranı ve geri esneme oranları dikkate alındığında sarıçamın Doğu kayınına göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Yoğunlaştırmada kullanılacak ağaç malzemelerin başlangıç yoğunluğunun önemli olduğu ve hedeflenen sıkıştırma oranlarını büyük ölçüde elde edebilmek için Doğu kayını yerine daha düşük yoğunluktaki sarıçamın tercih edilmesi önerilebilir. Ayrıca yoğunlaştırmaya en uygun yerli ağaç türlerinin belirlenmesi için ilave çalışmalar yapılabilir.

Yoğunlaştırma işlemleri sonrasında hava kurusu yoğunlukta sıkıştırma oranına bağlı olarak artış görülmüş ancak, yoğunlaştırılmış sarıçam ve Doğu kayını örneklerin suda bekletildiğinde geri esneme etkisiyle yoğunlaştırılmadan önceki başlangıç ölçülerine neredeyse tamamen geri döndüğü belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış sarıçam ve Doğu kayınının suya veya yüksek seviyede neme maruz kalacak yerlerde kullanılmaması önerilebilir.

Yoğunlaştırılmış sarıçam ve Doğu kayını örneklerinde ısıtma işlem uygulamaları sonrasında işlem sıcaklığındaki artışa paralel olarak hava kurusu yoğunluk değerlerinde bir miktar azalma olduğu belirlenmiştir ancak, suda bekletilen örneklerde ısıtma işlem sıcaklığına bağlı olarak geri esneme etkisi azaltılmış ve boyutsal kararlılık bakımından tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre, sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış sarıçam ve Doğu kayınının suya veya yüksek seviyede neme maruz kalabilecek yerlerde kullanılması düşünülüyor ise, mutlaka kullanım yeri şartlarına uygun bir sıcaklıkta ısıtma işlem yapılması önerilebilir.

Yoğunlaştırma işlemlerinden sonra ağaç malzemenin hacminde daralma olduğu için maliyet açısından ucuz ağaçların seçilmesi ayrıca malzeme kalınlığının fazla olması istenen işlerde yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin normal (yoğunlaştırılmamış) ağaç malzeme üzerine yapıştırılarak lamine edilmesi önerilebilir.

Yoğunlaştırma işlemlerinden sonra sıkıştırma seviyesine bağlı olarak mekanik özelliklerde önemli artışlar meydana gelmiştir. Isıtma işlem sonrasında ise işlem sıcaklığına bağlı olarak mekanik özelliklerde azalma olmuştur. Ancak yoğunlaştırılmış ve ısıtma işlem görmüş sarıçam ve Doğu kayını örneklerin mekanik özelliklerinin yoğunlaştırılmamış (kontrol) örneklerle göre genel olarak daha iyi

özellikler kazandığı belirlenmiştir. Sonuçlar bu yönüyle değerlendirildiğinde, yoğunlaştırma işlemiyle ısıtıl işlem ardışık uygulandığı zaman, her iki yöntemin ayrı ayrı uygulanması halinde görülen olumsuzlukların giderilebileceği tespit edilmiştir. Ülkemizde yetiştirme alanı yaygın ve kullanım alanı kısıtlı olan nispeten düşük yoğunluklu ağaç türlerinin direnç özelliklerinin iyileştirilmesi suretiyle kullanımının yaygınlaştırılabilmesi ve ısıtıl işlem sonrası mekanik özelliklerinde görülen olumsuzlukları en aza indirebilmek için farklı yoğunlaştırma ve ısıtıl işlem yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik ilave çalışmalar yapılması önerilebilir.

Yoğunlaştırılmış ve ısıtıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerin boyutsal kararlılığının yüksek oranda sağlanmış olması ve mekanik özelliklerinde meydana gelen artışlar bu malzemelerin duvar kaplamaları, zemin kaplamaları, çalışma tezgahları, bahçe mobilyaları gibi yerlerde kullanılabileceğini akla getirmektedir.

Yoğunlaştırılmış ağaç malzemelere su bazlı vernikler uygulandığında malzemedeki geri esneme etkisinin ilkbahar ve yaz odununda farklı oranlarda gerçekleşmiş olması yüzey düzgünlüğünün bozulmasına neden olmuştur. Yoğunlaştırma işleminden sonra ısıtıl işlem uygulandığında ise, sıkıştırmadan kaynaklanan iç gerilmelerin rahatlatılması ve aynı zamanda ağaç malzemenin higroskopisitesindeki düşüş sonucu geri esneme-şişme etkisi ortadan kalktığı için yüzey düzgünlüğü daha iyi bir konuma gelmiştir. Buna göre, yüzey düzgünlüğünün önemli olduğu yerlerde kullanılacak yoğunlaştırılmış ağaç malzemelere su bazlı vernikler uygulanmadan önce son kullanım yeri ve amacına uygun bir sıcaklıkta ısıtıl işlem yapılması önerilebilir.

Yüksek sıcaklıklarda ısıtıl işlem görmüş sarıçam ve Doğu kayını örneklerinde yüzey kalitesinin ve yüzey düzgünlüğünün arttırılabilmesi için en az iki kat dolgu verniği ve iki kat son kat vernik uygulanması ayrıca son kat vernik için öncelikle çift bileşenli su bazlı verniğin tercih edilmesi önerilebilir.

Yoğunlaştırılmış sarıçam ve Doğu kayını için boyutsal stabilitenin önemli olduğu yerlerde ısıtıl işlem sıcaklığının yüksek tutulması (210 °C), mekanik özelliklerin ön planda olup boyutsal stabilitenin önemli olmadığı yerlerde ısıtıl işlem uygulamalarının

yapılmaması veya düşük sıcaklığın (190 °C) tercih edilmesi önerilebilir. Ayrıca yoğunlaştırma işlemlerinin yüksek sıkıştırma oranında (%40) ve düşük pres sıcaklığında (110 °C) yapılması, yoğunlaştırmada ise daha düşük yoğunluktaki sarıçamın tercih edilmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Adlam, R., “Thermomechanical Densification of Timber: Initial Investigations of the Potential of Softwood Timber”, Project no: PN03.3802, **Forest and Wood Products Research and Development Corporation**, Australian, 5,28,39 (2005).
- Ahmed, S. A., Morén, T., Hagman, O., Cloutier, A., Fang, C. H., Elustondo, D., “Anatomical properties and process parameters affecting blister/blow formation in densified European aspen and downy birch sapwood boards by thermo-hygro-mechanical compression”, **Journal of Materials Science**, 48 (24): 8571-8579 (2013).
- Akkuş, M., “Renk açma işleminin termal modifikasyon yapılmış bazı ağaç malzemelere etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Düzce, 39 (2012).
- Altınok, M., Perçin, O., Doruk, Ş., “Isıl İşlemin (Thermo-Process) Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi”, **D.P.Ü. Fen Bilimleri Dergisi**, 23: 71-84 (2010).
- Arruda, L. M., Menezzi, C. H. S. Del., “Effect of thermomechanical treatment on physical properties of wood veneers”, **International Wood Products Journal**, 4 (4): 217-224 (2013).
- ASTM D3023-98, “Standard Practice for Determination of Resistance of Factory-Applied Coatings on Wood Products to Stains and Reagents”, **American Society for Testing and Materials**, 1-3 (2011).
- ASTM D6132-13, “Standard Test Method for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Applied Organic Coatings Using an Ultrasonic Coating Thickness Gage”, **American Society for Testing and Materials**, 1-5 (2013).
- Aydemir, D., “Gökmar (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve Gürgen (*Carpinus betulus* L.) Odunlarının Bazı Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Z. K. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, 175 (2007).
- Aydemir, D., Gündüz, G., “Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekanik ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi”, **Bartın Orman Fakültesi Dergisi**, 11 (15): 71-81 (2009).
- Aytin, A., “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, 208 (2013).
- Bakar, B. F. A., Hiziroğlu, S., Tahir, P. M., “Properties of some thermally modifies wood species”, **Materials and Design**, 43: 348-355 (2013).

Bekhta, P., ve Niemz, P., “Effect Of High Temperature On The Change In Color, Dimensional Stability And Mechanical Properties Of Spruce Wood”, *Holzforschung*, 57 (5): 539-546 (2003).

Blanche, C., “Used to Polyurethane and Polymers From Waterbased Systems”, *European Coatings Journal*, 27-44 (1997).

Blomberg, J., “Mechanical and physical properties of semi-isostatically densified wood”, Doktora Tezi, *Lulea University of Technology, Division of Wood Technology*, Sweden, 62 (2006).

Blomberg, J., Person, B., “Plastic deformation in small clear pieces of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) during densification with the CaLignum process”, *Journal of Wood Science*, 50: 307–314 (2004).

Blomberg, J., Person, B., “An algorithm for comparing density in CT-images taken before and after compression of *Pinus sylvestris*”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 63: 23–29 (2005).

Blomberg, J., Persson, B., Blomberg, A., “Effects of semi-isostatic densification of wood on the variation in strength properties with density”, *Wood Science and Technology*, 39: 339–350 (2005).

Blomberg, J., Persson, B., Bexell, U., “Effects of semi-isostatic densification on anatomy and cell-shape recovery on soaking”, *Holzforschung*, 60: 322-331 (2006).

Boonstra, M. J., “A Two-Stage Thermal Modification of Wood”, Doktora Tezi, *Dissertation in Cosupervision Ghent University and Université Henry Poincaré*, Nancy, 1-296 (2008).

Boonstra, M. J., Blomberg, J., “Semi-isostatic densification of heat-treated radiata pine”, *Wood Science and Technology*, 41: 607-617 (2007).

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

Bowyer, J. L., Shmulsky, R., Haygreen, J. G., “Forest Products and Wood Science - An Introduction”, *Wiley*, 554 (2003).

Budakçı, M., “Pnömatik Adezyon Test Cihazı Tasarımı, Üretimi ve Ahşap Verniklerde Denenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 62-86 (2003).

Budakçı, M., Sönmez, A., “Bazı Ahşap Verniklerin Farklı Ağaç Malzeme Yüzeylerindeki Yapışma Direncinin Belirlenmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 25 (1): 111-118 (2010).

Budakçı, M., İlçe, A. C., Korkut, D. S., Gürleyen, T., “Evaluating the surface roughness of heat-treated wood cut with different circular saws”, *BioResources*, 6 (4): 4247-4258 (2011).

Cai, J., Ding, T., Yang, L., “Dimensional stability of poplar wood after densification combined with heat treatment”, *Applied Mechanics and Materials*, 152-154: 112-116 (2012).

Can, A., “Endüstriyel ölçekli ısıt işlemleri ve borlu bileşiklerle emprenyenin odunun bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 9 (2011).

Cooper, P., Wang, J., “Enhanced value of moderate grade wood through high temperature modification in oil”, Value-to-wood Research Report, Project UT1, (2005).

Çakıcıer, N., “Ağaç Malzeme Yüzey İşlemi Katmanlarında Yaşlanma Sonucu Belirlenen Değişiklikler”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 181 (2007).

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

Doğu, D., Tırak, K., Candan, Z., Ünsal, Ö., “Anatomical investigation of thermally compressed wood panels”, *Bioresources*, 5 (4): 2640-2663 (2010).

Dubey, M. K., “Improvements in stability, durability and mechanical properties of radiata pine wood after heat-treatment in a vegetable oil”, Doktora Tezi, *University of Canterbury*, Christchurch New Zealand, 119-141 (2010).

Dwianto, W., Inoue, M., Norimoto, M., “Fixation of Compressive Deformation of Wood by Heat Treatment”, *Journal of the Japan Wood Research Society*, 43 (4): 303-309 (1997).

Dwianto, W., Norimoto, M., Morooka, T., Tanaka, F., Inoue, M., Liu, Y., “Radial compression of sugi wood (*Cryptomeria japonica* D. Don)”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 56 (6): 403-411 (1998).

Enjily, V., Jones, D., “The Potential For Modified Materials In The Panel Products Industry”, *Wood Resources and Panel Properties Conference*, COST Action E44/E49, Valencia, Spain, 1-19 (2006).

Erdin, N., Bozkurt, Y., “Odun Anatomisi Ders Kitabı”, Gözden geçirilmiş 2. basım, Yayın No: 5145, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 331-333, 351-353 (2013).

Esteves, B., Velez, M. A., Domingos, I., Pereira, H., “Influence Of Steam Heating On The Properties Of Pine (*Pinus pinaster*) And Eucalypt (*Eucalyptus globulus*) Wood”, **Wood Science Technology**, 41 (3): 193-207 (2007).

Fang, C. H., Cloutier, A., Blanchet, P., Koubaa, A., “Densification of wood veneers combined with oil-heat treatment, Part II: Hygroscopicity and mechanical properties”, **BioResources**, 7 (1): 925-935 (2012).

Finnish Thermowood Association, “ThermoWood Handbook”, FIN-00171, Helsinki, Finland, 1-66 (2003).

Garcia-Romeu, M. L., Ciurana, J., Ferrer, I., “Springback determination of sheet metals in an air bending process based on an experimental work”, **Journal of Materials Processing Technology**, 191 (1): 174-177 (2007).

Gezer, İ., “Ağaç malzemeye uygulanan ısıtıl işlemin su bazlı verniklerdeki etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 70 (2009).

Gong, M., Lamason, C., “Improvement of Surface Properties of Low Density Wood: Mechanical Modification with Heat Treatment”, Value-to-wood Research Report, Canada, 19, 31 (2007).

Gong, M., Lamason, C., Li, L., “Interactive effect of surface densification and post-heat-treatment on aspen wood”, **Journal of Materials Processing Technology**, 210 (2): 293-296 (2010).

Güler, F. D., “Bazı ağaç türlerinde ısıtıl işlem uygulamasının vernik katman özellikleri üzerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Düzce, 182 (2010).

Heger, F., Groux, M., Girardet, F., Welzbacher, C., Rapp, A. O., Navi, P., “Mechanical and durability performance of THM-densified wood”, Final Workshop COST Action E22, **Environmental optimisation of wood protection**, Lisboa, 1-10 (2004).

Hillis, W. E., “High temperature and chemical effects on wood stability, Part 1: General considerations”, **Wood Sci. Technol.**, 18: 281-293 (1984).

Hsu, W. E., Schwald, W., Schwald, J., “Shields, J.A., “Chemical and physical changes required for producing dimensionally stable wood-based composites, Part 1: Steam pretreatment”. **Wood Science and Technology**, 22 (3): 281-289 (1988).

Inoue, M., Norimoto, M., Tanahashi, M., Rowell, R. M., “Steam or Heat Fixation of Compressed Wood”, **Wood and Fiber Science**, 25 (3): 224-235 (1993).

Inoue, M., Sekino, N., Morooka, T., Rowell, R. M., Norimoto, M., “Fixation of compressive deformation in wood by pre-steaming”, *Journal of Tropical Forest Science*, 20 (4): 273–281 (2008).

İmirzi, H. Ö., Ülker, O., Burdurlu, E., “Effect of Densification Temperature and Some Surfacing Techniques on the Surface Roughness of Densified Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.)”, *BioResources*, 9 (1): 191-209 (2014).

Johansson, D., “Drying and Heat Treatment of Wood: Influences on Internal Checking”, *Proceedings 3rd Nordic Drying Conference*, Karlstad, Sweden, 1-3 (2005).

Johnson, R., “Waterborne coatings, An overview of water born coatings: A formulator’s perspective”, *Journal of Coatings Technology*, 69: 117–121 (1997).

Kamke, F. A., “Densified radiata pine for structural composites”, *Maderas. Ciencia y Tecnologia*, 8 (2): 83-92 (2006).

Kamke, F. A., Sizemore, H., “Viscoelastic thermal compression of wood”, US Patent Application No: US2005/006004AI (2005).

Karakaş G., “Ahlat (*pyrus elaeagnifolia* pall.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemi etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 92 (2008).

Kesik, H. İ., “Değişik kimyasallar ile ön işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde su bazlı verniklerin katman performansı”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 215 (2009).

Kocaefe, D., Poncsak, S., Boluk, Y., “Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and apsen”, *BioResources*, 3 (2): 517-537 (2008).

Kollmann, F. F. P., “Technologie des Holzes”, *Springer-Verlag*, Berlin (1936).

Kollmann, F. F. P., Côté, W. A., “Principles of Wood Science and Technology”, Vol. I, Solid Wood, *Springer-Verlag*, Berlin (1968).

Kollmann, F. F. P., Kuenzi, E. W., Stamm, A. J., “Principles of wood science and technology”, Vol. II, Wood based materials, *Springer-Verlag*, Berlin, 139-149 (1975).

Korkut, S., Bakangil, Ö., “Isıl işlem metodları”, *Woodwork Mobilya, Mobilya Yan Sanayi, Mimarlık, Dekorasyon ve Araştırma Dergisi*, 28-34 (2007).

Korkut, S., Budakçı, M., “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 (2010).

Korkut, S., Kocaefe, D., “Isıl İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi”, **Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi**, 5 (2): 11-34 (2009).

Korkut, S., Kök, M. S., Korkut, D. S., Gürleyen, T., “The effects of heat treatment on technological properties in Red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood”, **ScienceDirect, Bioresource Technology**, 99: 1538-1543 (2008).

Kotilainen R., “Chemical Changes in Wood During Heating at 150-260 °C”, Doktora Tezi, **Jyväskylä University**, Research Report 80, Finland, 57 (2000).

Kúdela, J., Rešetka, M., “Influence of high pressing temperature on dimensional stability of beech wood”, **Forestry and Wood Technology**, 75: 19-25 (2011).

Kultikova, E. V., “Structure and properties relationships of densified wood”, Yüksek Lisans Tezi, **Virginia Polytechnic Institute and State University**, Virginia, 3-55 (1999).

Kutnar, A., Sernek, M., “Densification of wood”, **Zbornik Gozdarstva in Lesarstva**, 82: 53-62 (2007).

Kutnar, A., Kamke, F. A., Sernek, M., “Density profile and morphology of viscoelastic thermal compressed wood”, **Wood Science and Technology**, 43: 57-68 (2009).

Kutnar, A., Rautkari, L., Laine, K., Hughes, M., “Thermodynamic characteristics of surface densified solid Scots pine wood”, **European Journal of Wood and Wood Products**, 70 (5): 727-734 (2012).

Laine, K., Rautkari, L., Hughes, M., Kutnar, A., “Reducing the set-recovery of surface densified solid Scots pine wood by hydrothermal post-treatment”, **European Journal of Wood and Wood Products**, 71 (1): 17-23 (2013).

Lamason, C., Gong, M., “Optimization of pressing parameters for mechanically surface-densified aspen”, **Forest Products Journal**, 57:(10) 64-68 (2007).

Li, L., Gong, M., Yuan, N., Li, D., “An Optimal Thermo-Hydro-Mechanical Densification (THM) Process for Densifying Balsam Fir Wood”, **BioResources**, 8 (3): 3967-3981 (2013).

Mayes, D., Oksanen, O., “ThermoWood Handbook”, **Finnforest**, Finland, 66 (2002).

Militz, H., “Heat Treatment Technologies in Europe: Scientific Background and Technological State-of-Art”, Proceedings of Conference on Enhancing the

Durability of Lumber And Engineered Wood Products, Orlando, **Forest Products Society**, Madison, U.S., 1-19 (2002).

Mitchell, P. H., “Irreversible Property Changes of Small Loblolly Pine Specimens Heated in Air, Nitrogen, or Oxygen”, **Wood and Fiber Science**, 20 (3): 320-355, (1988).

Morsing, N., “Densification of wood: The influence of hygrothermal treatment on compression of beech perpendicular to the grain”, Doktora Tezi, Series R No: 79, Technical University of Denmark, **Department of Structural Engineering and Materials**, 138 (2000).

Nairn, J. A., “Numerical Simulations of Transverse Compression and Densification in Wood”, **Wood and Fiber Science**, 38 (4): 576–591 (2006).

Navi, P., Girardet, F., “Effects of Thermo-Hydro-Mechanical treatment on the structure and properties of wood”, **Holzforschung**, 54 (3): 287–293 (2000).

Navi, P., Heger, F., “Combined densification and thermo-hydro-mechanical processing of wood”, **MRS Bull**, 29 (5): 332–336 (2004).

Navi, P., Huguenin P., Girardet, F., “Development of Synthetic-Free Plastified Wood by Thermohygro-mechanical Treatment”, Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications, **Forest Products Society**, Madison, WI., 168-171 (1997).

Overbeek, A., “Polymer heterogeneity in waterborne coatings”, **J. Coat. Technol. Res.**, 7 (1): 1-21 (2010).

Örs, Y., Keskin, H., “Ağaç Malzeme Teknolojisi”, **Öz Baran Ofset Matbaacılık**, Ankara, 55-62, 78 (2008).

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

Özcan, S., Özçiftçi, A., Hiziroğlu, S., Toker, H., “Effects of heat treatment and surface roughness on bonding strength”, **Construction and Building Materials**, 33: 7-13 (2012).

Özçiftçi, A., Altun, S., Yapıcı, F., “Isıl İşlem Uygulamasının Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisi”, **Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu**, 13-15 Mayıs Karabük, 1-5 (2009).

Pelit, H., “Ağaç malzeme rutubet miktarının su bazlı verniklerin katman özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 67-70 (2007).

Perçin, O., “Isıl İşlemin Lamine Ahşap Malzemenin Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-304 (2012).

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

Rapp, A. O., Sailer, M., “Oil Heat Treatment of Wood Ğn Germany-State Of The Art” in Review on Heat Treatments of Wood, COST ACTION E22 Environmental Optimisation Of Wood Protection, **Proceedings Of Special Seminar Held Ğn Antibes**, France, Edited by Rapp AO, 47-64 (2001).

Rautkari, L., “Surface modification of solid wood using different techniques”, Doktora Tezi, No: 4/2012, Aalto University, School of Chemical Technology, **Department of Forest Products Technology**, 1-49 (2012).

Rautkari, L., Properzi, M., Pichelin, F., Hughes, M., “Surface modification of wood using friction”, **Wood Sci Technol**, 43: 291-299 (2009).

Rautkari, L., Properzi, M., Pichelin, F., Hughes, M., “Properties and set-recovery of surface densified Norway spruce and European beech”, **Wood Sci Technol**, 44: 679-691 (2010).

Rautkari, L., Laine, K., Kutnar, A., Medved, S., Hughes, M., “Hardness and density profile of surface densified and thermally modified Scots pine in relation to degree of densification”, **Journal of Materials Science**, 48 (6): 2370-2375 (2013).

Richter, K., Feist, W. C., Knaebe, M. T., “The Effect of Surface Roughness on The Performance of Finishes”, **Forest Products Journal**, 45 (7/8): 91-97 (1995).

Rowell, R. M., Konkol, P., “Treatments that enhance physical properties of wood”, **Forest Products Laboratory Report No: FPL-GTR-55, Madison, WI.**, 1-12 (1987).

Sandberg, D., Haller, P., Navi, P., “Thermo-hydro and thermo-hydro-mechanical wood processing: An opportunity for future environmentally friendly wood products”, **Wood Material Science and Engineering**, 8 (1): 64-88 (2013).

Santos, C. M. T. dos., Menezzi, C. H. S. Del., Souza, M. R. de., “Properties of thermo-mechanically treated wood from *pinus caribaea* var. *Hondurensis*”, **BioResources**, 7 (2): 1850-1865 (2012).

Seborg, R. M., Millett, M. A., Stamm, A. J., “Heat-stabilized compressed wood (Staypak)”, **Forest Products Laboratory Report No: 1580 (revised), Madison**, 1-22 (1956).

Seborg, R. M., Tarkow, H., Stamm, A. J., “Modified woods”, **Forest Products Laboratory Report No: 2192 (revised), Madison**, 1-30 (1962).

Sefil, Y., “Thermowood yöntemiyle ısıtıl işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, 112 (2010).

Sevim Korkut, D., Hiziroğlu, S., Aytin, A., “Effect of Heat Treatment on Surface Characteristics Wild Cherry Wood”, **BioResources** 8 (2): 1582-1590 (2013).

Söğütlü, C., “Konut mutfak tezgahlarında kullanılan malzemelerin mekanik etkilere karşı performanslarının karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 28,29 (1998).

Söğütlü, C., “Bazı Yerli Ağaç Türlerinin Kündekari Yapımında Kullanım İmkanları”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 45,46 (2004).

Sönmez, A., “Ağaçtan Yapılmış Mobilya Üst Yüzeylerinde Kullanılan Verniklerin Önemli Mekanik, Fiziksel ve Kimyasal Etkilere Karşı Dayanıklılıkları”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 44-51 (1989).

Sönmez, A., Budakçı, M., “Ağaç İşlerinde Üst Yüzey İşlemleri II, Koruyucu Katman ve Boya /Vernik Sistemleri”, Sevgi Ofset, **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi**, Ankara, 85-90 (2004).

Sönmez, A., Budakçı, M., Yakın, M., “Ağaç Malzemedeki Su Çözünürlüğü Vernik Uygulamalarının Sertlik, Parlaklık ve Yüzeye Yapışma Direncine Etkileri”, **Politeknik Dergisi**, 7 (3): 229-235 (2004).

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

Stamm, A. J., Seborg, R. M., “Resin treated, laminated, compressed wood”, **Trans. Am. Inst. Chem. Eng.**, 37: 385-397 (1941).

Şahin Kol, H., “Characteristics of heat-treated Turkish pine and fir wood after ThermoWood processing”, **Journal of Environmental Biology**, 31 (6): 1007-1011 (2010).

Şanıvar, N., “Ağaç İşleri Üst Yüzey İşlemleri”, Dördüncü Baskı, **Milli Eğitim Basımevi**, İstanbul, 193 (2001).

Tabarsa, T., Chui, Y. H., “Effects of hot-pressing on properties of white spruce”, **For. Prod. J.**, 47: 71–76 (1997).

Tabarsa, T., Chui, Y. H. “Characterizing microscopic behavior of wood under transverse compression: Part II. Effect of species and loading direction”, **Wood and Fiber Science**, 33: 223–232 (2001).

TS 53, “Odunun fiziksel özelliklerini tayin için numune alma, muayene ve deney metotları”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-7 (1981).

TS 2470, “Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-7 (1976).

TS 2471, “Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-8 (1976).

TS 4084, “Odunda radyal teğet doğrultuda şişmenin tayini”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-4 (1983).

TS 2472, “Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini”, **TSE Standardı**, Ankara, 1-8 (1976).

TS 2595, “Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı tayini”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-4 (1977).

TS 2474, “Odunun statik eğilme dayanımının tayini”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-4 (1976).

TS 2478, “Odunun statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-8 (1976).

TS 2479, “Odunun statik sertliğinin tayini”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-4, (1976).

TS EN ISO 3251, “Boyalar, vernikler ve plâstikler-Uçucu olmayan madde içeriğinin tayini”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-7 (2012).

TS EN ISO 2808, “Boyalar ve vernikler-Film kalınlığı tayini”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-50 (2007).

TS 2495 EN ISO 3274, “Geometrik mamul özellikleri (gmö) - Yüzey yapısı: Profil metodu - Temas uçlu (iğneli) ölçme cihazlarının anma karakteristikleri”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-19 (2005).

TS 6212 EN ISO 4288, “Mamulün geometrik özellikleri (gps)- Yüzey yapısı: Profil metodu- Yüzey yapısının değerlendirilmesi için kurallar ve işlemler”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-10 (1999).

TS 4318 EN ISO 2813, “Boyalar ve vernikler-Metalik olmayan boya filmlerinin 20, 60 ve 85 açılarda parlaklık tayini”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-16 (2002).

TS EN ISO 1522, “Boyalar ve vernikler-Sarkaç sönümlleme deneyi” **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-20 (2007).

TS EN ISO 4624, “Boyalar ve vernikler-çekme deneyi”, **T.S.E. Standardı**, Ankara, 1-15 (2006).

Ülker, O., İmirzi, Ö., Burdurlu, E., “The effect of densification temperature on some physical and mechanical properties of scots pine (*pinus sylvestris* L.)”, **BioResources**, 7 (4): 5581-5592 (2012).

Ünsal, Ö., Ayrılmış, N., “Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated turkish river gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.)”, **Journal of Wood Science**, 51 (4): 405-409 (2005).

Ünsal, Ö., Candan, Z., “Moisture content, vertical density profile and Janka hardness of thermally compressed pine wood panels as a function of press pressure and temperature”, **Drying Technology**, 26: 1165-1169 (2008).

Ünsal, Ö., Candan, Z., Büyüksarı, Ü., Korkut, S., Chang, Y. S., Yeo, H., “Effect of Thermal Compression Treatment on the Surface Hardness, Vertical Density Propile and Thickness Swelling of Eucalyptus Wood Boards by Hot-pressing”, **Mokchae Konghak**, 39 (2) : 1-8 (2011).

Vernois, M., “Heat Treatment of Wood in France – State of The Art, Review on Heat Treatments of Wood”, **Proceedings of Special Seminar Held in Antibes**, France, 39-46 (2001).

Welzbacher, C. R., Wehsener, J., Rapp, A. O. and Haller, P. “Thermo-mechanical densification combined with thermal modification of Norway spruce (*Picea abies* Karst) in industrial scale - Dimensional stability and durability aspects”, **Holz Roh Werkst**, 66: 39-49 (2008).

Wikberg, H “Advanced Solid State NMR Spectroscopic Techniques in the Study of Thermally Modified Wood”, Academic Dissertation, **University of Helsinki, Department of Chemistry, Laboratory of Polymer Chemistry**, Helsinki-Finland, 40 (2004).

Winandy, J. E., Rowell, R. M., “The chemistry of wood strength”, In: Rowell (ed) The Chemistry of solid wood, **American Chemical Society**, Washington, 211-256 (1984).

Wolcott, M. P., Kasal, B., Kamke, F. A., Dillard, D. A., “Testing Small Wood Specimens in Transverse Compression”, **Wood and Fiber Science**, 21 (3): 320-329 (1989).

Wolcott, M. P., Kamke, F. A., Dillard, D. A., “Fundamentals of flakeboard manufacture - viscoelastic behavior of the wood component”, **Wood and Fiber Science**, 22 (4): 345-361 (1990).

Wolcott, M. P., Kamke, F. A., Dillard, D. A., “Fundamental aspects of wood deformation pertaining to manufacture of wood-base composites”, **Wood and Fiber Science**, 26 (4): 496-511 (1994).

Wolcott, M. P., Shutler, E. L., “Temperature and moisture influence on compression-recovery behavior of wood”, **Wood and Fiber Science**, 35 (4): 540-551 (2003).

Yıldız, E., “Su Bazlı Boya ve Kaplamalar Beklentiler ve Su Bazlı Poliüretan Bağlayıcı Sistemleri”, **TÜBİTAK**, 235-240 (1999).

Yıldız, S., “Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri”, Doktora Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon, 178-249 (2002).

Yıldız, S., Gezer, E. D., Yıldız, Ü. C., “Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat”, **Building and Environment**, 41 (12): 1762-1766 (2006).

EKLER

EK-1 Vernik katmanlarının yüzeye yapışma (adezyon) direnci testi



Resim 1.1. Isıl işlemsiz ve farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş sarıçam (sol) ve Doğu kayını (sağ) örneklerinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci testi sonrası oluşan durum



Resim 1.2. Isıl işlemsiz ve 210 °C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş sarıçam ve Doğu kayını örneklerinde vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci testi sonrası çekme silindirlerinin görünümü

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : PELİT, Hüseyin
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 28.04.1982 Beyşehir
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (380) 542 11 33
 Faks : 0 (380) 542 11 34
 e-mail : pelithuseyin@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mob. ve Dek. Eğitimi	2007
Lisans	Gazi Üniversitesi / Mob. ve Dek. Eğitimi	2004
Lise	Seydişehir Tek. ve End. Meslek Lisesi	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2005	Ünveren Mobilya A.Ş., Ankara	Proje-Üretim Srm.
2005-2009	Mesudiye İMKB Ç.P. Lisesi, Ordu	Teknik Öğretmen
2009-2013	Fatsa Tek. ve End. Meslek Lisesi, Ordu	Teknik Öğretmen
2013-.....	Düzce Üniv./Ağaç İşl. End. Müh. Bölümü	Arş. Gör.

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Sönmez, A., Budakçı, M., Pelit, H., “The Effect of The Moisture Content of Wood on The Layer Performance of Water-Borne Varnishes”, **BioResources**, 6 (3): 3166-3178 (2011).
2. Budakçı, M., Sönmez, A., Pelit, H., “The Color Changing Effect of The Moisture Content of Wood Materials on Water Borne Varnishes”, **BioResources**, 7 (4): 5448-5459 (2012).

Hobiler

Balık tutma, müzik enstürmanı çalma, voleybol