

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ SARIÇAM ODUNUNUN
BAZI FİZİKSEL MEKANİK VE BİYOLOJİK
ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMRAH SANCAR

OCAK – 2016

MUĞLA

**T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ SARIÇAM ODUNUNUN
BAZI FİZİKSEL MEKANİK VE BİYOLOJİK
ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMRAH SANCAR

**OCAK – 2016
MUĞLA**

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

EMRAH SANCAR tarafından hazırlanan **ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ SARIÇAM ODUNUNUN BAZI FİZİKSEL MEKANİK VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ** başlıklı tezinin, 08/01/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof. Dr. Ergün BAYSAL (**Jüri Başkanı**)

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Doç. Dr. Hilmi TOKER (**Üye, Danışman**)

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Yrd. Doç. Dr. Cevdet SAÇLI (**Üye**)

Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Selçuk Üniversitesi, Konya

İmza:

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Doç. Dr. Mehmet ÇOLAK

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı,
Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Doç. Dr. Hilmi TOKER

Danışman, Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Savunma Tarihi: 08/06/2016

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Emrah SANCAR

08/01/2016

ÖZET
**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SARIÇAM ODUNUNUN BAZI FİZİKSEL,
MEKANİK VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Emrah SANCAR

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hilmi TOKER

Ocak 2016, 74 Sayfa

Bu çalışmada, ısıll işlem gören Sarıçam odununun bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik direnç özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 120°C, 150°C ve 180°C derecede 2 saat, 6 saat ve 10 saat ısıll işlem uygulanan deney örneklerinin tam kuru yoğunluk, eğilme direnci, elastikiyet modülü, basınç direnci, beyaz çürüklük ve kahverengi çürüklük mantarına karşı dirençleri değerlendirilmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre, tam kuru yoğunluk değerlerinde kontrol gurubuna göre ısıll işlem uygulanan deney örnekleri düşüş göstermiştir. En yüksek eğilme ve basınç direnci kontrol örneklerinde elde edilirken, en düşük eğilme ve basınç direnci değerleri 180°C' de 10 saat ısıll işlem gören deney örneklerinde elde edilmiştir. Tez çalışmasında ısıll işlem gören deney örneklerin elastikiyet modülü değerlerinde düşüşler gözlemlenmiştir. Biyolojik test sonuçlarına göre, ısıll işlem süresi ve sıcaklığın artmasına paralel olarak deney örneklerinin ağırlık kaybı değerleri azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isıll İşlem, Sarıçam, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler, Biyolojik özellikler

ABSTRACT
**HEAT-TREATED SCOT PINE WOOD SOME PHYSICAL, MECHANICAL
AND BIOLOGICAL PROPERTIES**

Emrah SANCAR

Master of Science (M.Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Woodworking Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hilmi TOKER

January 2016, 74 pages

In this study, it was aimed to determine some physical, mechanical, and biological properties of heat treated Scots pine wood. For this purpose, oven-dry density, bending strength, modulus of elasticity, compression strength, white decay and brown decay fungus of experiment samples applied heat treatment for 2 hours, 6 hours and 10 hours at 120°C 150°C, and 180°C were tested.

According to study results, oven dry density values of heat treated Scots pine wood specimens were decreased. While the highest bending and compression strength values were obtained with unheated (control) specimens, the lowest bending and compression strength values were observed heat treated for 10 h at 180°C. It was observed on thesis studying that elasticity module values of heat treated Scots pine wood were decreased. According to biologic test results, weight losses of heat treated Scots pine wood specimens were decreased with treatment temperature and time.

Keywords: Heat Treatment, Scots pine, Physical properties, Mechanical properties, Biological properties.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının plan, araştırma, deney ve yazım aşamasında bana desteklerini esirgemeyen tecrübesi ve bilgisiyle bana yol gösteren sayın hocam Doç.Dr. Hilmi TOKER'e, araştırmanın yürütülmesi sırasında fikir ve katkılarından yararlandığım sayın Prof. Dr. Ergün BAYSAL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin deney ve verilerin işlenmesi kısmında katkılarını esirgemeyen Ar.Gör.Tolga KUŞKUN'a , Ar.Gör.Tahsin ÇETİN'e , Doktora öğrencisi Selim DEĞİRMEN TEPE ye ve laboratuvar çalışmalarını birlikte yürüttüğüm Uzman Ferah YILMAZ'a teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarım sırasında beni destekleyen aileme minnet ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
1.1. Ağaç Malzemenin Genel Özellikleri.....	2
1.2. Odunun Yapısını Oluşturan Maddeler	2
1.3. Ağaç Malzemeye Zarar Veren Faktörler.....	4
1.3.1. Abiyotik faktörler.....	4
1.3.1.1. <i>Yangın</i>	4
1.3.1.2. <i>Fiziksel faktörler</i>	5
1.3.1.3. <i>Mekanik faktörler</i>	5
1.3.1.4. <i>Kimyasal faktörler</i>	5
1.3.2. Biyotik faktörler	6
1.3.2.1. <i>Mantarlar</i>	6
1.3.2.2. <i>Böcekler</i>	8
1.4. Isıl İşlem.....	9
1.5. Isıl İşlemin Tarihçesi.....	9
1.6. Isıl İşleme Tabi Tutulmuş Odun Kategorileri	10
1.7. Isıl İşlem Aşamaları	11
1.8. Isıl İşlem Yöntemleri.....	12
1.8.1. Fiziksel modifikasyon yöntemi	12
1.8.2. Kimyasal modifikasyon yöntemi	12
1.8.3. Enzimatik modifikasyon	12
1.8.4. Termal modifikasyon	13
1.9. Isıl İşlem Metotları	14
1.9.1. Sıcak yağ uygulaması.....	15
1.9.2. Stellac yöntemi.....	15

1.9.3. Le bois perdure.....	15
1.9.4. Plato prosesi	16
1.9.5. Sıcaklık ile ısı işlem	16
1.10. Isıl İşlemin Sınıflandırılması.....	16
1.11. Isıl İşlem Sonrası Odunda Meydana Gelen Değişimler.....	18
1.11.1. Fiziksel değişimler	19
1.11.2. Mekanik değişimler.....	20
1.11.3. Biyolojik değişimler.....	21
2. LİTERATÜR ÖZETİ	23
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Materyal	29
3.1.1. Ağaç türü.....	29
3.1.1.1. <i>Sarıçam odunu (Pinus sylvestris L.)</i>	29
3.1.2. Beyaz çürüklük mantarı	32
3.1.3. Esmer çürüklük mantarı	33
3.2. Yöntem.....	34
3.2.1. Deney parçalarının seçimi.....	34
3.2.2. Deney parçalarına ısı işlem uygulama	34
3.2.3. Yoğunluk testi	35
3.2.3.1. <i>Tam kuru yoğunluk</i>	35
3.2.4. Mekanik testler.....	37
3.2.4.1. <i>Eğilme direnci testi</i>	37
3.2.4.2. <i>Eğilmede elastikiyet modülü</i>	38
3.2.4.3. <i>Liflere paralel basınç direnci testi</i>	40
3.2.5. Çürüklük testleri.....	42
3.2.6. Sayısal verilerin istatistiksel değerlendirilmesi	47
4. DENEYSEL BULGULAR.....	48
4.1. Fiziksel Bulgular	48
4.1.1. Tam kuru yoğunluk.....	48
4.2. Mekanik Testler	49
4.2.1. Liflere dik eğilme direnci.....	49
4.2.2. Elastikiyet modülü testleri.....	52
4.2.3. Liflere paralel basınç direnci.....	55
4.3. Çürüklük Testi.....	58

4.3.1. Beyaz çürüklük (<i>Trametes versicolor</i>).....	58
4.3.2. Kahverengi çürüklük mantarı (<i>Postia plecenta</i>).....	61
5. SONUÇ ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	74



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Odunun organik bileşikleri	3
Çizelge 2. Isıl işlem metotları	14
Çizelge 3. Thermo-S nihai kullanım uygulamaları	17
Çizelge 4. Thermo-D nihai kullanım uygulamaları	17
Çizelge 5. Isıl İşlem sonrası ahşap malzemenin kullanım yerleri.....	18
Çizelge 6. Sarıçam odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri	32
Çizelge 7. Ahşaba zarar veren mantar sınıfları	34
Çizelge 8. Isıl işlem uygulama derece ve saatleri	35
Çizelge 9. Tam kuru yoğunluk değerleri.....	48
Çizelge 10. Liflere dik eğilme direnci ortalamaları	49
Çizelge 11. Liflere dik eğilme direnci çoklu varyans analizi.....	50
Çizelge 12. Sıcaklık ve saat düzeyinde liflere dik eğilme direnci değerleri ikili karşılaştırma sonuçları	50
Çizelge 13. Tüm gruplara ait ortalamalar ve homojenlik dağılımı	51
Çizelge 14. Elastiklik modülü aritmetik ortalamaları	52
Çizelge 15. Elastiklik modülü değerlerinin çoklu varyans analizi.....	53
Çizelge 16. Sıcaklık ve saat düzeyinde elastiklik modülü değerleri ikili karşılaştırma sonuçları	53
Çizelge 17. Elastiklik modülü ile ilgili tüm gruplara ait ortalamalar ve homojenlik dağılımı	54
Çizelge 18. Liflere paralel basınç direnci ortalamaları	55
Çizelge 19. Liflere paralel basınç direnci çoklu varyans analizi	56
Çizelge 20. Sıcaklık ve saat düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerleri ikili karşılaştırma sonuçları	56
Çizelge 21. Tüm gruplara ait ortalamalar ve homojenlik dağılımı	57
Çizelge 22. Beyaz çürüklük mantarının sebep olduğu ağırlık kaybı ortalamaları	58
Çizelge 23. Beyaz çürüklük mantarına direnç ile ilgili çoklu varyans analizi.....	59
Çizelge 24. Sıcaklık ve saat düzeyinde beyaz çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri.....	59

Çizelge 25. Tüm gruplara ait ortalamalar ve homojenlik dağılımı	60
Çizelge 26. Kahverengi çürüklük mantarının sebep olduğu ağırlık kaybı ortalamala61	
Çizelge 27. Kahverengi çürüklük mantarına direnç ile ilgili çoklu varyans analizi ..	62
Çizelge 28. Sıcaklık ve saat düzeyinde kahverengi çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri ikili karşılaştırma sonuçları.....	62
Çizelge 29. Tüm gruplara ait ortalamalar ve homojenlik dağılımı	63



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Isıl işlem aşamaları	11
Şekil 2. Thermowood un ahşaba kazandırdığı özellikler	18
Şekil 3. Isıl işlem uygulanan çam odunundaki renk değişimleri	19
Şekil 4. Isıl işlem uygulama öncesi ve sonrası ahşabın ultramikroskopik hücre değişimi gösterilmiştir.....	21
Şekil 5. Yapay kurutma ile ısıtma kurutma arasında odunda meydana gelen değişim grafiği	22
Şekil 6. Tam kuru yoğunluk deney örnekleri.....	36
Şekil 7. Hassas terazi ve kumpas	36
Şekil 8. İklimlendirme dolabı.....	37
Şekil 9. Eğilme direnci deney düzeneği	38
Şekil 10. Eğilme direnci test cihazı.....	39
Şekil 11. Eğilme direnci ölçüm kayıt monitörü	39
Şekil 12. Basınç direnci deney örnekleri.....	40
Şekil 13. Liflere paralel basınç direnci deney düzeneği	41
Şekil 14. Basınç direnci ölçüm cihazı	41
Şekil 15. Basınç direnci ölçüm kayıt monitörü.....	42
Şekil 16. Otoklav (Buharlı sterilizatör).....	43
Şekil 17. Çürüklük testinde kullanılan kahverengi çürüklük mantarının malt ekstrakt agar ortamında gelişmiş hali	43
Şekil 18. Mantar kültürü aşılama	44
Şekil 19. Deneylerde kullanılan inkübatörler.....	45
Şekil 20. Laminar flow kabini.....	45
Şekil 21. Mantar ekim işlemi sonrasındaki deney örnekleri	46
Şekil 22. Test örneklerinin petri kaplarından ölçüm için çıkarılması	47
Şekil 23. Tam kuru yoğunluk değerleri.....	48
Şekil 24. Sıcaklık ve saat düzeyinde liflere dik eğilme direnci değerleri	51
Şekil 25. Tüm gruplara ait liflere dik eğilme direnci değerleri.....	52
Şekil 26. Sıcaklık ve saat düzeyinde elastiklik modülü değerleri.....	54
Şekil 27. Tüm gruplara ait elastiklik modülü değerleri.....	55

Şekil 28. Sıcaklık ve saat düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerleri.....	57
Şekil 29. Tüm gruplara ait liflere paralel basınç direnci değerleri.....	58
Şekil 30. Sıcaklık ve saat düzeyinde beyaz çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerler	60
Şekil 31. Tüm gruplara ait beyaz çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri	61
Şekil 32. Sıcaklık ve saat düzeyinde kahverengi çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri.....	63
Şekil 33. Tüm gruplara ait kahverengi çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri.....	64



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Örneğin Enine Kesit Alanı (mm^2)
F1	Birinci Yük
F2	İkinci Yük
F _{max}	Kırılma Anında Ölçülen Kuvvet (N)
L _s	Mesnet Açıklığı (cm)
M ₀	Tam Kuru Ağırlık (g)
T3	Deney Örneğinin Aşılama Öncesi Tam Kuru Ağırlığı (g)
T4	Deney Örneğinin 12 Hafta Sonrasında Funguslardan Temizlenip, Kurutma Dolabına Konulduktan Sonraki Tam Kuru Ağırlığı (g)
V	Örnek Hacmi (cm^3)
V ₀	Tam Kuru Ağırlıktaki Hacim (cm^3)
b	Örnek Genişliği (mm)
h	Örnek Yüksekliği (mm)
l	Dayanaklar Arası Açıklık (mm)
δ_0	Tam Kuru Yoğunluk (g/cm^3)
σ_e	Eğilme Direnci (N/mm^2)
Kont.	Kontrol
S ₂	Hücredeki Sekonder Çeper Tabakası
St. Sp.	Standart Sapma
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
X	Ortalamalar

1.GİRİŞ

Teknoloji çağının getirdiği yeniliklere ve çok sayıda yeni malzemenin rekabetine rağmen odun ya da ağaç malzeme sahip olduğu önemli özellikleri, güzelliği ve çekiciliği nedeniyle günümüzde de hammadde ve malzeme olarak birçok kullanım yerinde önemini korumaktadır. Hafifliğine göre direncinin yüksek olması, kolay işlenmesi, iyi boya ve cila kabul etmesi, ısıyı yalıtması, sesi absorbe etmesi gibi iyi özellikleri yanında, dış görünüşünün güzelliği ile kullanıldığı yerde sıcak ve hoş bir hava oluşturması onu vazgeçilemez bir malzeme haline getirmiştir. Bugün kullanıldığı yer sayısı 6000'den fazladır (Kantay, 1993).

Ağaç malzemenin, gerekli koruyucularla ve doğal olarak onun kullanımını çok uygun kılmaktadır. Anatomik ve kimyasal yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri çok farklı olan ağaç malzemenin 5000'den fazla kullanım yeri bulunmaktadır. Ağaç malzeme her türlü açık hava etkilerinde bireysel olarak kullanımının dışında diğer yapı malzemeleri ile birlikte yardımcı malzeme olarak da yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Yazıcı, 2005).

Ağaç malzemenin görünümü, doğallığı, akustik özelliği, ses ve ısı izolasyonu vb. etkenleriyle tercih edilmesinin yanında tam kuru hal ile lif doygunluk noktası (LDN) arasında rutubet alıp vermesi sonucunda boyutlarındaki değişim ve biyolojik faktörlerden kaynaklanan tahribat oluşmaktadır. Bu sebeplerden ağaç malzemeye teknik yönden müdahaleler gündeme gelmiştir (Akkılıç vd., 2014).

Ağaç malzemenin çeşitli yöntemlerle özelliklerinin geliştirilmesi hakkında birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Yapılan tüm bilimsel araştırmalar ve çalışmalar sonucunda ortaya çıkan yöntemlere genel anlamda "Odun Modifikasyonu Yöntemleri" denilmektedir. Bu alanda geliştirilen çalışmalardan birisi de ağaç malzemenin ısı işlem yöntemiyle modifiye edilmesidir (Bourgois vd., 1998; Tjeerdsma vd., 1998).

Odun modifikasyon yöntemleri odunun olumsuz özelliklerini iyileştirirken çoğu kez yüksek bir maliyeti de beraberinde getirmektedir. Ancak, yöntemlerin avantajları yanında azalan bakım ve işçilik masrafları göz önüne alındığında bu yöntemlerin ortaya çıkardığı ilave masraflar da göz ardı edilebilmektedir. Diğer yandan, kullanılan kimyasal maddelerin çevre kirliliğine yol açmaması, ekonomiklik ve uygulama kolaylığı odun modifikasyonu yöntemleri için önem kazanan unsurlar olmuştur (Odabaş, 1999).

1.1. Ağaç Malzemenin Genel Özellikleri

Canlı bir organizma olan ağacın oluşturduğu lifli, heterojen ve anizotrop bir dokusu olan çeşitli yapı malzemesi ahşap veya ağaç malzeme olarak tanımlanmaktadır (Artel, 1969).

Odunun kimyasal elementleri karbon (C) hidrojen (H) ve oksijen (O) dir. Çok az sayıda azot (N) ve diğer elementler vardır. Odun maddesi C, H ve O'nin çeşitli kombinasyon şekilleri ile bazı organik bileşimlerden ibarettir. Bunlar Selüloz, hemiselüloz ve lignin'dir. Az miktarda pektin de vardır. Odunun %90'nından fazlasını meydana getiren bu bileşiklere ilave olarak birçok organik ve inorganik madde hem hücre çeperi üzerine hem de hücre lümeni üzerine yerleşmiştir. Bu yan bileşikler ekstraktif maddeler olarak adlandırılır. Organik esaslı ekstraktif maddeler içerisinde çok bilinenler tanenler, uçucu yağlar, reçineler, sakız, lateks, alkaloidler ve renk maddeleridir. Bunlardan tanenler ve reçineler kurutma sırasında renklenmeler, lekelenmelere neden olmaktadır. İnorganik esaslı maddeler içerisinde en bilinenleri ise silis ve kalsiyum tuzlarıdır. Bunlar biçme ve işleme zorlukları oluşturmaktadır (Kantay, 1993).

1.2. Odunun Yapısını Oluşturan Maddeler

Ağaç malzeme istenmeyen bazı özelliklere de sahiptir. Organik bir madde olduğu için çürümektedir.

Kolay yanmaktadır. Kuru ise bünyesine su alarak, yaş ise su kaybederek boyutları değişmektedir. Boyut değiştirme liflere paralel, yıllık halkalara dik ve teğet yönlerde farklı miktarlarda olmaktadır (Kantay, 1993).

Odun hücre çeperi temel olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşturmakta ve odunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin pek çoğundan sorumlu olmaktadır (Yıldız, 2002a; Yıldız, 2004; Hill, 2006).

Hücre duvarının kimyasal bileşiminde yaklaşık olarak, selüloz % 40 –50 hemiselüloz % 20 -35 lignin % 20 ve organik maddeler % 0 –5 bulunur (Dizman, 2005).

Selüloz: Ağacın sert ve dayanıklı yapısı, selüloz lifler sayesinde oluşur. Çünkü selüloz, sert ve suda çözünemeyen bir maddedir. Tahtanın inşaatlarda kullanılmasını avantajlı kılan da selülozun bu özelliğidir (Dizman, 2005).

Hemiselüloz: Pentoz ve heksoz şekerlerinin kısa polimerileridir. Hücre duvarını güçlendirir, depo madde görevi yapar, geçit zarlarını ayarlar. Su emicidir (Dizman, 2005).

Lignin: Selüloz yapısının miselleri arasına yerleşmiş olan lignin maddesi, selülozun aksine esneklik kabiliyeti olmayan gevrek bir maddedir ve oduna sertlik kazandırır. Lignin, ağaçların otsu bitkilerden ayrılmasını sağlayan maddedir, odunun yapısındaki lignin miktarı %14-23 oranındadır (Dizman, 2005). Odunun organik bileşikleri Çizelge 1.' de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Odunun organik bileşikleri (%) (Özen, 2005).

Ağaç Türü	Selüloz	Hemiselüloz	Lignin
Geniş Yapraklı Ağaçlar	40-44	15-35	18-25
İğne Yapraklı Ağaçlar	40-44	20-32	25-35

1.3. Ağaç Malzemeye Zarar Veren Faktörler

Ahşabın doğal haldeki dayanıklılığı yeteri kadar uzun olamamaktadır. Bunda, ahşabı tahrip ederek özelliğini bozan çeşitli abiyotik (fiziksel, kimyasal ve mekanik) ve biyotik (bitkisel, hayvansal) zararlıların oldukça büyük bir etkisi vardır (Tsoumis,1991; Eaton ve Hale, 1993).

Ağaç malzemeye etki eden etmenler; ışınlama, termal radyasyon, rutubet değişimleri, rüzgâr, yağmur, dolu, toz, hava kirliliği, mikroorganizmalar, fotokimyasal degradasyon ve ısınma gibi faktörlerdir. Bunların etkisi ile ağaç malzemede oluşacak deformasyon, çatlak, yıkanma, hidroliz, erozyon ve renk değişiminin yönlenme koşulları zamanın faktörü ile odun özelliklerine göre değişmektedir (Yazıcı, 2005).

Açık hava koşullarına karşı koruma, ağaç malzemede abiyotik ve biyotik zararlılara karşı alınacak önlemleri içine almaktadır (Rowell, 1997).

Ahşap malzemenin açık hava şartlarında bozunma ve tahrip olması organik ve inorganik olmaktadır. Organik faktörler çürüme, küf, bakteri ve böcekler, inorganik faktörler ise güneş, rüzgâr, su, bazı kimyasallar ve ateşi kapsamaktadır. Odun üzerinde oluşacak çeşitli enerji formlarının nispi etkilerinde de farklı ağaç türleri itibarıyla değişim görülmektedir. Odundaki kimyasal değişimler, renk değişimleri, mikroskobik değişimler, fiziksel değişimler ve biyolojik faktörlerin sebep olduğu değişimler belirli zaman faktörü sonunda oluşmaktadır (Yazıcı, 2005).

1.3.1. Abiyotik faktörler

1.3.1.1. Yangın

Orman yangınları dünya ormanları için hala en büyük tehdit olmayı sürdürmektedir. Son on yıl içinde yangınların adet ve alan olarak dağılımları, özellikle orman yangınlarının hem bir sorun teşkil ettiği hem de bu konuda ileri düzeye gelmiş ülkeler tarafından tutulmuş istatistiklerde görülmektedir. Ancak bunun yanında büyük yangınların durumu da önem taşımaktadır (Mertol, 2005).

1.3.1.2. Fiziksel faktörler

Yağmur, kar, ısı değişimleri, UV ışınları, rüzgâr gibi iklimsel etkilere açık olan bir ahşabın görünümü değişir, birleşim yerleri açılır; yarılma, çatlama, burulma gibi bozulmalar meydana gelir. UV ışınlarının ilk etkileri malzemenin renginde ortaya çıkar. Işınların etkisiyle malzeme, daha açık ya da daha koyu tonlarda renk değişimine uğrar.

Fiziksel faktörlerden; ateş ve rutubete karşı da emniyetli değildir. Çünkü yüksek sıcaklık ahşabın yanarak yok olmasına sebep olmakta, yüksek rutubetlilik ise, mantar, böcek ve benzerlerinin ahşapta yaşaması için uygun ortamı sağlamaktadır (Karaman ve Zeren, 2010).

1.3.1.3. Mekanik faktörler

Mekanik faktörlerden; basınç, sürtünme, şok ve çarpma olayları karşısında oldukça hassastır ve bunların etkisine bağlı olarak ahşapta yüzeysel aşınma, deformasyon ve kırılma oluşabilir. Rüzgâr, şiddetli yağışlar gibi çeşitli doğa olayları; kuşlar, karıncalar ve çeşitli hayvanlar tarafından ya da insanlar tarafından verilen zararlar sürekli olarak ahşap malzemeyi aşındırmaktadır. Bu aşınma, yavaş yavaş ve uzunca bir süreçte gerçekleşiyor olsa da malzeme yüzeyinde bir erozyona yola açmaktadır (Nicholas, 1973; Usta ve Hale, 1998).

1.3.1.4. Kimyasal faktörler

Asit ve alkali çevre koşullarının ahşap üzerindeki olumsuz etkisi değişik yollarla gerçekleşmektedir. Asit, glikozların arasındaki karbon bağlarını kırmaktadır. Önce hemiselüloz bozunmakta, sonra selüloz molekülleri kısa parçalar halinde kırılmaktadır. Bu bozunma, selüloz ve hemiselülozca daha zengin olan kapalı tohumlularda daha kolay gerçekleşmektedir. Özetle, asitler ahşabı kolay kırılır hale getirmektedir (Ridout, 2004).

1.3.2. Biyotik faktörler

Ahşapta çürüklük yapan mantarlar için en önemli gelişme faktörü rutubet miktarıdır. Mantarın büyümesi için, ahşabın rutubet miktarı alt sınırı, kurutulmuş ağırlığına oranı bağlamında, % 20'nin üzerinde olmalıdır. Bunun altındaki rutubet değerlerindeki ahşap malzeme, mantarlar için kuru kabul edilmekte ve sporlar bu ortamda kolay çimlenememektedir (Erten, 1988).

1.3.2.1. Mantarlar

Mantarlar, klorofilleri olmadığı için madde üretimi yapamaz ve diğer bitkilerin ürettiği malzemeleri tüketir. Gelişmeleri için, besin maddesi (ahşap), oksijen, sıcaklık ve rutubete ihtiyaç gösterir. Mantarlar minimum %20 rutubette gelişimlerini sürdürür, ancak en iyi gelişimi %35–50 rutubet koşullarında gösterir. En iyi gelişimi yaptıkları ısı derecesi mantar türlerine göre değişir, fakat genel olarak 19-30°C dir. Işık, mantarların gelişmeleri için değil, üremeleri için gereklidir. Ahşap malzemeye zarar veren mantarlar; çürüklük yapan mantarlar ve renk değişimi yapan mantarlar olmak üzere ikiye ayrılır. Çürüklük yapan mantarlar hücre çeperini oluşturan bileşikleri, renk değişimi yapanlar ise hücre boşluğundaki protoplazmayı tüketirler (Bozkurt vd., 1993).

Renklendirme mantarları

Ahşapta renklenme meydana getiren mantarların yaklaşık 10 türü olduğu tespit edilmiştir. Bu mantarlar Ascomycetes ve Fungi imperfecti grubuna girmektedir. Renk veren mantarlar, ahşap malzemenin iç kısımlarına girerek , koyu renkli hüfleri ile malzemeye siyahımsı mavimsi bir görünüş verdiğinden renk veren mantarlar diye tanınmaktadırlar (Bozkurt vd., 1993).

Renk değişimi yapan mantarların gelişmesi için ahşap rutubetinin % 30- 120 arasında olması gerekmektedir. Ancak, renk değişimi yapan birçok mantar türü için optimum rutubet % 30-40'dır. Yine türlere göre değişmek üzere sıcaklık istekleri (18-25)°C arasında değişmektedir (Bozkurt vd., 1993).

Çürüklük Mantarları

- Odun Çürükleri

Çürümeler, genelde mantar etkisiyle ortaya çıkar. Çürüme olan yerler yumuşar, tozlaşır ve zamanla kovuk haline dönüşür. Bu çürümelere, genellikle rutubetli, ışısız ve hava akımının olmadığı yerlerde depolanan ahşaplarda rastlanılır. Bu ortamlar mantarlaşmayı kolaylaştırır. Ahşabın mekanik ve fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkiler (Yalınkılıç, 1990).

- Beyaz Çürüklük

Beyaz çürüklük mantarı odunda, öncelikle lignin, daha sonra selüloz ve hemiselülozlarda yıkım meydana getiriler. Beyaz çürüklükte odun önce gri, daha sonra beyaz renk alır. Çürüklüğe uğratılan odunlar uzun süre strüktür ve hacmini korur, uzun parçalar halinde koparılabilir. Odunda önceden mevcut veya sonradan oluşan çatlaklar içerisinde ve aralarında mantar miselinin yığılma ve birikme yaptığı görülür (Yalınkılıç, 1990).

- Kahverengi Çürüklük

Esmer çürüklük (Kahverengi çürüklük) (destrüksiyon çürüklüğü), Basidiomycetes grubuna giren mantarlar tarafından meydana getirilen ve kullanım yerinde ahşabı tahrip eden en önemli çürüklük şeklidir. Esmer çürüklük mantarları, ahşap malzemenin hücre lümenleri, reçine kanalları ve öz ışınları içinde gelişmekte ve sekonder çeperin selüloz iskeletini enzimatik yolla tahrip etmektedir. Çürüme sonunda geriye az veya çok miktarda lignin, kalmaktadır. Çürüklüğün ilerleyen aşamalarında ahşabın rengi kahverengileşmektedir. Çünkü selülozun tahribatından sonra geriye kalan lignin, tanenler ve ekstraktif maddeler malzemenin koyu renk almasına neden olmaktadır (Zabel ve Morrell, 1992).

- Yumuşak Çürüklük

Yumuşak çürüklük mantarları, yapraklı ağaçlarda özellikle lümen tarafında, iğne yapraklılarda ise S₂ tabakasında boşluklar açarak zarar yapmaktadır. S₂ tabakasında tahribat yapmalarının nedeni, bu tabakanın daha az ligninleşmiş olmasıdır. Yapraklı ağaçlarda lignin az olduğu için yumuşak çürüklük bu ağaçlarda iğne yapraklılara nazaran daha hızlı ve geniş çapta gelişmektedir. Enine kesitte boşluklar mantar misellerinin çapı kadar kalın veya daha büyük bulunmaktadır. Boşluklar iğne yapraklı ağaçların yaz odununda, yapraklı ağaçlarında ise ilkbahar odununda daha fazla belirgindir (Brelid vd., 2000).

- Bakteriler

Bakterilerin bozucu etkisi daha çok dolaylı yoldan olur; malzemenin su geçirimsizliğini artırır, mantarlara karşı mukavemetini düşürür. Bunun dışında malzemenin hücre duvarında da bozulmalara neden olur (Kanat, 2000).

1.3.2.2. Böcekler

Bazı böcekler odunu yiyerek beslenirler. Bu böceklerin faaliyeti ile ahşabın içinde bir takım boşluk ve kanalcıklar şeklinde böcek ve kurt yenicikleri oluşur. Kesitin azalması nedeni ile dayanım düşüklüğüne sebep olan bu gibi oyuklar ahşap için kusur sayılır. Ahşabı bu zararlardan korumak için civabiklorür, kreozot, bakır sülfat, çinko klorür, krom, arsenik, bor veya flor tuzları ya da bezir yağı ile korunmalıdır. Böceklerin yaptığı zararlar; ağaçlar üzerinde yaptığı zararlara göre yapraklarda zarar yapan böcekler, tomurcuk, sürgün ve ince dallarda zarar yapan böcekler, tohum ve kozalaklarda zarar yapan böcekler, özsu emen böcekler, kabuk ve kambiyumda zarar yapan böcekler, odunda zarar yapan böcekler ve köklerde zarar yapan böcekler şeklinde sınıflandırılır (Kanat, 2000).

Ahşaba zarar veren böceklerin sınıflandırılmasında iki ayrı yaklaşım vardır. Birinci yaklaşımda, böcekler buldukları yere ve beslenme şekillerine göre, diğer yaklaşımda ise, taze ve kuru haldeki ağaç malzemeyi etkilemelerine göre

gruplandırılırlar. Böcekler bulunuş yerlerine göre ele alındığında; dikili ağaçlarda, tomruklarda, kullanış yerinde ve eski eserlerde tahribat yapan böcekler şeklinde bir sınıflandırma yapmak mümkündür. Ahşaba zarar veren böceklerin çoğu, uzun mesafeleri uçabilen böcekler değildir. Bu nedenle şehirlerin ortasındaki yapılara ulaşmaları güçtür. Ancak, enfekte olmuş ahşap malzemenin binalarda kullanılması ile şehirlerde de çeşitli yapı malzemesi ve mobilyalarda görülmekte ve yaygınlaşmaktadır. Bu nedenle, bulunuş yerlerine göre kesin bir gruplandırma yapmak, bazı hallerde yanıltıcı olabilmektedir (Bozkurt vd., 1993).

1.4. Isıl İşlem

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C' nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin sıcaklık ile muamele edilmesidir. Son 20 yılda çeşitli Avrupa araştırma grupları yalnız ısı, sıcak yağ, higrotermal (buhar, nem ve ısının aynı anda etki ettiği koşul) ve hidrotermal (sıcak su ile elde edilen ısı enerjisinin kullanımı) esaslı ısıl işlem metotları geliştirmişlerdir. Bu metotların arasındaki ana farklar; ağaç türü, yağ veya kuru olması, rutubet içeriği ve boyutlar gibi kullanılan materyale; bir veya iki işlem safhası, ıslak ve kuru işlem, ısıtma ortamı, koruyucu gaz olarak nitrojen kullanımı, ısıtma ve soğutma safhaları ve uygulama süresi gibi uygulanan işlem şartlarına ve ısıl işlem kazanı ve fırını gibi ısıl işlem uygulaması için gerekli ekipmanlara dayandırılmaktadır (Akkılıç vd., 2014).

1.5. Isıl İşlemin Tarihçesi

Odunun ısıyla muamele edilmesi bilimsel anlamda ilk olarak Almanya'da 1930'lu yıllarda Stamm ve Hansen tarafından yapılmıştır. 1940'lı yıllarda Amerika'da White

ve 1950'li yıllarda Almanya'da Bavendam, Runkel ve Buro bu konuda araştırmalar yapmışlardır. Kollman ve Schneider 1960'lı yıllarda buldukları bilgileri yayınlamışlar ve bilimsel olarak daha fazla kişi tarafından tartışılmaya başlanmıştır. Bu alışmalar özellikle 1990'lı yıllardan sonra Finlandiya, Fransa ve Hollanda'da bilim adamları tarafından ele alınmıştır. Birçok önemli alışma Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından yapılmış ve halen bu konuda çalışmalar devam etmektedir. Odunun ısıyla muamelesi birkaç metotla (Hollanda-Plato yöntemi, Fransa-Retification ve Le Bois Perdure, Almanya-Yağla ısı muamele, Finlandiya ThermoWood) yapılmasına rağmen en çok kullanılan metot VTT tarafından geliştirilen "ThermoWood" olarak adlandırılan muamele yöntemidir (Aydemir ve Gündüz, 2009).

1.6. Isıl İşleme Tabi Tutulmuş Odun Kategorileri

Finlandiya Odun Koruma Birliği'nin yapmış olduğu sınıflandırmaya göre ısı ışleme tabi tutulmuş odun üç ayrı kategoride değerlendirilmiştir (Syrjnen vd., 2001). :

1.Sınıf

Çok hafif uygulanan ısı ışlemdir. Esas olarak renk değişimi sağlar. Muamele edilmemiş odun gibi kullanılması tavsiye edilir. Toprakla temas üstü kapalı yapılarda ve kullanım ömrü boyunca muamele edilmemiş odun rutubetinin devamlı olarak % 18'in altında kalacağı şartlarda hizmet etmesi uygundur (Syrjnen vd., 2001).

2.Sınıf

Kerestelere hafif ölçüde uygulanan ısı ışlemdir.İslanma yada buharlaşma riski nadir olan ve muamele edilmemiş odun rutubetinin zaman zaman % 20'yi aştığı toprakla temas etmeyen yapılarda kullanımı uygundur (Syrjnen vd., 2001).

3.Sınıf

Kerestelere kuvvetli ölçüde uygulanan ısı ışlemdir. Odunun toprakla temas etmediği fakat servis ömrü müddetince devamlı olarak açık havaya ya da yoğuşma gibi bazı ıslanma kaynaklarına maruz kaldığı yapılarda kullanımı doğrudur. Ancak, burada odunun azalan direnç özellikleri dikkate alınmalıdır (Syrjnen vd., 2001).

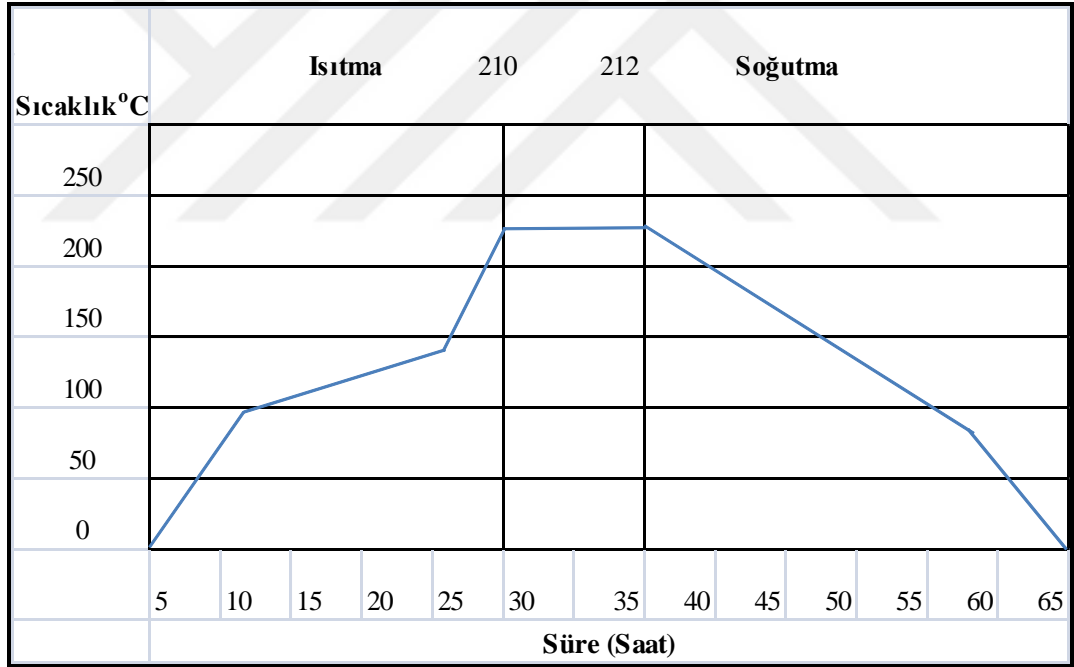
1.7. Isıl İşlem Aşamaları

Ahşap malzemede ısıl işlem uygulaması üç aşamada gerçekleşir bu aşamalar Şekil 1.' de gösterilmiştir. :

1) Başlangıç periyodu: Artan sıcaklıkta ön ısıtma (100 °C ye kadar) ± eğer gerekirse (100°C -150 °C) ler arasında uygulanan yüksek sıcaklıkta kurutma 48 saate kadar uygulanabilen aratan sıcaklıkta ısıtmadır (Syrjänen vd., 2001).

2) Asıl ısıl işlem periyodu: 0,5-4 saat boyunca 150-240°C sıcaklıkları arasında gerçekleştirilen uygulamadır (Syrjänen vd., 2001).

3) Soğutma Periyodu: 24 saat içinde soğutma ve stabilize etme toplam muamele süresinde fırın kapasitesi, istif büyüklüğü, ağaç malzemenin türü ve boyutları gibi birçok faktör etkili olmaktadır (Syrjänen vd., 2001).



Şekil 1. Isıl işlem aşamaları (Anonim , 2003).

1.8. Isıl İşlem Yöntemleri

Genel olarak ahşap modifikasyon yöntemleri, fiziksel modifikasyon, kimyasal modifikasyon, enzimatik modifikasyon ve termal modifikasyon (ısıl işlem) olarak gruplandırılabilir (Akkılıç vd., 2014).

1.8.1. Fiziksel modifikasyon yöntemi

Fiziksel modifikasyon yönteminde, odun hücre çeperi bileşenleriyle ve/veya odun bünyesine verilen kimyasal maddelerin kendi arasında herhangi bir kimyasal reaksiyon meydana gelmemektedir. Kullanılan kimyasal maddelerin odunda bulunan hücrel ve kapiler boşluklara yerleşmesi söz konusudur. Bu yöntemlerin ağırlıklı amacı, mekanik direnç özelliklerini iyileştirmekten çok odun-su etkileşimini azaltmaya yöneliktir (Dizman, 2005).

1.8.2. Kimyasal modifikasyon yöntemi

Anizotrop bir malzeme olan ağaç malzemenin çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlere karşı korunması amacıyla çeşitli kimyasallar kullanılarak uygulanan işlemlerdir (Akkılıç vd., 2014).

1.8.3. Enzimatik modifikasyon

Enzimatik modifikasyonda ise, lakkaz enzimi ile fenolik bileşiklerin oksidasyonu yoluyla lignoselülozik liflerin bağ yapması sağlanır. Enzim yöntemini kullanarak levha ve panellerin sentetik yapıştırılması hem ekonomik hem de çevresel avantajlara sahiptir. Lakkaz ile muamele edilen liflerden üretilen lif levhaların iyi bir mekanik özellik sergilediği belirlenmiştir (Dizman, 2005).

1.8.4. Termal modifikasyon (Isıl İşlem)

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını arttırmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklere karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izalasyon kabiliyeti, boya adhezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresi de uzamaktadır (Akkılıç vd., 2014).

1.9. Isıl İşlem Metotları

Odun modifikasyon yöntemlerinden olan ısıtma işleme ait farklı uygulamalar Çizelge 2.'de verilmiştir.

Çizelge 2. Isıl işlem metotları (Jieying,1999).

Isıl İşlem Metotları	Materyal	Ahşabın İlk Hali	İşlem Sıcaklığı	Basamaklar	Yaklaşık Maliyet (Euro/m ³)
Yağ ile ısıtma İşlem muamelesi (Almanya)	Sıcak Yağ	Taze ve kuru (%6)	180-220	Tek basamak	65-95
Stellac Süreci	N ₂	Taze ve kuru (%12)	200-240	Tek basamak	150-160
Bois Prosedürü	Buhar	Nemli taze ahşap	200-240	Tek basamak	100
Plato Süreci (Hollanda)	Buhar veya hava	Yeşil veya Taze, kuru ahşap	170-190	Kür ve kurutma	100
Sıcaklık ile Isıl İşlem (Finlandiya)	Buhar	Nemli taze ahşap	150-240	Yükselen sıcaklıkta kurutma nemlendirme ve soğutma	70-90

1.9.1. Sıcak yağ uygulaması

Isıl işlem kapalı bir proses tankı içerisinde uygulanmaktadır. Proses tankı odun hammaddesiyle doldurulduktan sonra sıcak yağ, yağ deposu tankından proses tankına gönderilmektedir. Odun hammaddesinin etrafında sirküle edilen yağın sıcaklığı, yüksek sıcaklık uygulamasıyla işlem süresince muhafaza edilmektedir. Proses tankı boşaltılmadan önce sıcak yağ depoya geri gönderilmektedir. En yüksek biyolojik dayanım ve en az yağ tüketimi için 220°C, en yüksek biyolojik dayanım ve en az direnç kaybı için 180-200°C sıcaklıklar uygulanmaktadır. Muamele için, kolza tohumu, beziryağı veya ay çiçeği yağı gibi ham bitkisel yağlar kullanılmaktadır (Militz vd., 2001).

1.9.2. Stellac yöntemi

Prosesin ilk adımında fırın içerisindeki oksijen ortamdan uzaklaştırılmakta ve fırın sıcaklığı 100°C' ye kadar çıkarılmaktadır. İkinci işlem olarak ağaç malzemeyi asıl ısıl işlem periyoduna hazırlamak ve odun içerisindeki gerilmeleri azaltmak bakımından ön kondüsyonlama işlemi uygulanmaktadır. Eğer malzeme taze halde ise ön kondüsyonlama periyodu boyunca malzemenin kuruması sağlanmaktadır. Daha sonra 250°C sıcaklıklara kadar varabilen ve birkaç saat kadar sürebilen ısıl işlem uygulamasına geçilmektedir. Arkasından, ısıl işlem yüzünden odun içerisinde meydana gelen gerilmeleri azaltmak ve malzemenin nihai kullanım yerinde öngörülen gerekli rutubet miktarını sağlamak üzere ikinci bir kondüsyonlama işlemi uygulanmaktadır. Son olarak ise ağaç malzeme fırından çıkarılmadan önce dikkatli bir şekilde soğutulmaktadır. İşlemin tamamı ağaç türüne ve malzeme boyutuna göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak 24 saat kadar sürmektedir (Militz vd., 2001).

1.9.3. Le bois perdure

Le Bois Perdure; taze haldeki oduna uygulanan ısıl işlemdir. İlk olarak, odun fırında teknik kurutmaya tabi tutulmaktadır. Daha sonra odun, kendi rutubetinden üretilen buhar atmosferi altında 230°C'de ısıl işleme tabi tutulmaktadır (Militz vd., 2001).

1.9.4. Plato prosesi

Plato prosesi prensip olarak iki ılıman kurutma işleminden ibarettir. Hidrotermoliz prosesinin ilk aşamasında taze ya da hava kurusu haldeki odunun, artan basınç altında (süper atmosferik basınç) genellikle 160-190°C sıcaklıkları arasında muamelesi söz konusudur. Muamele edilmiş odunu daha düşük rutubet derecelerine kurutmak için geleneksel kurutma yöntemi uygulanmaktadır. Prosesin ikinci aşamasında (asıl ısı işlem aşaması) kısmen kurutulmuş haldeki odun genellikle 170-190°C sıcaklıkları arasında tekrar ısı işlemine maruz bırakılmaktadır. Muamele süresi kullanılan odunun türüne, kalınlığına, odundan kaynaklanan diğer faktörlere ve genel görünüme bağlı olmakla beraber, genellikle aşağıdaki süreler itibarıyla buharlı veya ısıtılmış hava ortamında işlem gerçekleştirilmektedir. Termoliz aşaması 4-5 saat, kurutma aşaması 3-5 gün, asıl ısı işlem aşaması 14-16 saat, kondüsyonlama 2-3 günde tamamlanmaktadır. (Militz vd., 2001).

1.9.5. Sıcaklık ile ısı işlem

Isıl işlem kısaca ahşap malzemenin asgari 180°C derecede ısıtılıp kimyasal yapısının bozulması yoluyla ahşabın olumsuz yönlerinin (kimyasal, fiziksel ve biyolojik) giderilmeye çalışılması yöntemidir (Dizman vd., 2010).

1.10. Isıl İşlemin Sınıflandırılması

Standart ThermoWood' da iki sınıf uygulama vardır. Bunlar Thermo-S ve Thermo-D' dir. Thermo-S —Thermo-S deki —S, — Stabilitate ve sağlamlık anlamına gelir. Dış görünüşle birlikte, sağlamlık bu uygulama sınıfının kilit özelliğidir. Thermo-S sınıfı uygulanan ahşabın neme bağlı yüzeysel çekme ve şişme ortalaması %6-8'dir. Thermo-S sınıfı ThermoWood EN 113 standardına göre göreceli olarak dayanıklı olarak sınıflandırılmakta olup, çürümeye karşı doğal direnci sınıf 3 gereksinimlerini karşılamaktadır. Isıl işleme tabi tutulmuş Thermo-S kategorisindeki ahşap için önerilen nihai kullanım uygulamaları Çizelge 3.' de verilmiştir.

Çizelge 3. Thermo-S nihai kullanım uygulamaları (Anonim , 2003).

Thermo-S Yumuşak Ağaç	Thermo-S Sert Ağaç
<ul style="list-style-type: none">• Yapı malzemeleri• Kuru mekân döşemeleri• Kuru mekân sabit eşyalar• Mobilya• Bahçe mobilyaları• Sauna oturma yerleri• Kapı ve pencere malzemeleri	<ul style="list-style-type: none">• Döşeme• Sabit eşyalar• Mobilya• Yer kaplamaları• Sauna elemanları• Bahçe mobilyaları

Thermo-D —Thermo-D deki —D, “dayanıklılık anlamına gelir. Bu işlem kategorisinde, görünümün yanı sıra biyolojik dayanıklılık da ürünlerin nihai kullanım uygulamaları açısından kilit nitelikte bir özellik olarak öne çıkar. Thermo-D sınıfı uygulanan ahşabın neme bağlı yüzeysel çekme ve şişme ortalaması %5-6’dır. Thermo-D sınıfı ThermoWood EN 113 standardına göre göreceli olarak dayanıklı olarak sınıflandırılmakta olup, çürümeye karşı doğal direnci sınıf 2 gereksinimlerini karşılamaktadır. Isıl işleme tabi tutulmuştur. Isıl işleme tabi tutulmuş Thermo-D kategorisindeki ahşap için önerilen nihai kullanım uygulamaları Çizelge 4.’ de verilmiştir.

Isıl işlem sonrası ahşap malzemenin kullanım yerleri Çizelge 5.’ de verilmiştir.

Çizelge 4. Thermo-D nihai kullanım uygulamaları (Anonim , 2003).

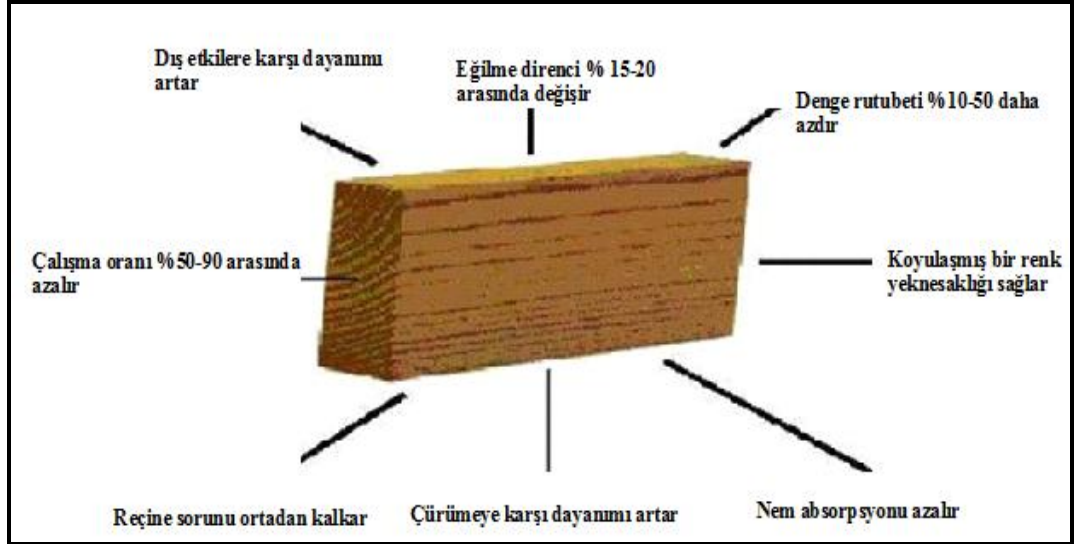
Thermo-D Yumuşak Ağaç	Thermo-D Sert Ağaç
<ul style="list-style-type: none">• Dış Cephe Kaplaması• Dış mekânlar ve Yer kaplama• Pencere panjurları• Park bahçe mobilyaları• Sauna banyo elemanları	<p>Thermo-S nihai kullanım uygulamaları geçerlidir.</p> <p>Daha koyu renk tercih ediliyorsa, thermo-D kullanılmalıdır.</p>

Çizelge 5. Isıl işlem sonrası ahşap malzemenin kullanım yerleri (Aydemir vd., 2009).

İYA Kullanım Alanı	YA Kullanım Alanı
<ul style="list-style-type: none">• Dış cephe kaplaması• İç ve dış kapı• Pencere ve pencere panjurları• Park ve bahçe mobilyaları• Sauna ve sauna elemanları• Yer kaplamaları• Havuz kenarı kaplamaları• Bahçe ve teras zemini döşemeleri	<ul style="list-style-type: none">• İç cephe kaplamaları• İç mekân mobilyaları• Bahçe mobilyaları• Yer kaplamaları• Sauna ve saunanın çeşitli kısımları• Bahçe mobilyaları

1.11. Isıl İşlem Sonrası Odunda Meydana Gelen Değişimler

Isıl işlem sonrasında odunun fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısında birtakım değişimler meydana gelmektedir. Isıl işlem sonrasında odunda meydana gelen değişimler Şekil 2.' de verilmiştir.



Şekil 2. Thermowood un ahşaba kazandırdığı özellikler (Anonim, 2015).

1.11.1. Fiziksel değişimler

Renk: Odunun ısıtılması ve kurutulması boyunca daha yoğun kızıl kahverengi renk normal olarak oluşmaktadır. Bununla birlikte bunun sebebi tam anlaşılammıştır (Akgün, 2008). Renk değişimleriyle ilgili görsel Şekil 3.' de verilmiştir.



Şekil 3. Isıl işlem uygulanan çam odunundaki renk değişimleri (Anonim , 2003).

Koku: Degradasyon ürünlerinin çoğu, ısıl işlem muamelesi süresince oluşur ve bunların bazıları hoş kokulu olmayabilir. Furfural gibi çoğu organik asitler ve aldehitlerin güçlü kokuya sahip olduğu bilinmektedir ve degradasyon ürünleriyle oluşabilir. Isıl işlem görmüş ahşabın hoş olmayan kokusu muameleden 2–3 hafta sonra kaybolur (McDanold vd., 2002).

Boyutsal değişim: Boyutsal stabilizasyondaki artış, termal olarak modifiye olmuş odunda elde edilebilmektedir. Fakat gözlenen etkiler ısıtma işlemine bağlı olarak değişmektedir. Yapılan çalımsalar sonucunda boyutsal stabilizesinde yalnızca kimyasal maddelerin kullanılmasıyla değil, sadece ısı muamelesiyle sağlanabileceği sonucuna varmışlardır (Yıldız, 2007).

Denge rutubeti: Odunun higroskopik özelliği, termal modifikasyonun sonucu olarak düşer, bu düşüş zaman ve proses sıcaklığıyla ilgilidir. 300°C'de hava ortamında termal olarak modifiye edilen çamın %90 bağlı nemdeki, denge rutubeti 1 saatlik muamele edilmiş odunda, ısıl işlem görmemiş oduna göre daha düşüktür (Aydemir vd., 2009).

Çatlak: 110–180°C sıcaklıklarda ısıl işleme maruz bırakılan kayın ve çam diri odununda meydana gelen kurutma deformasyonu incelenmiştir. Çam diri odununda boyuna yönde yüzey çatlaklarıyla, kollaps ve çarpılmalar olmaksızın kurutulmuştur.

Buna karşın birçok durumda iç çatlaklar meydana gelmiştir. Kayın odununda, yüksek sıcaklıkta uygulanan ısı muamelesinden sonra boyuna yüzey üzerinde herhangi bir yüzey çatlağı görülmemiştir. Fakat; iç çatlak oluşumları çam diri odununkinden çok daha belirgin olmuştur (Gündüz vd., 2008).

Kütle kaybı: Buharlı şartlar altında yapılan ısı muamelesinde kuru şartlara (hava kurusu) göre daha fazla kütle kaybı gerçekleştiği belirlenmiştir. Termal muameleden (ısıyla yapılan muamele) dolayı oluşan kütle kaybı, hidro ya da higrotermal (buharla yapılan muamele) prosese göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (Aydemir vd., 2009).

Yapışma: Odunun kimyasal bileşimindeki değişimler, özellikle (–OH içeriğinde) materyalin ıslanabilirliğini ve yüzey enerjisini düşürmüştür. Bu yüzden; polar yapıştırıcılar ya da suda çözünmeyen yapıştırıcılar kullanıldığında zayıf bir birleşme olması doğaldır. Üstelik odun matriksinin lifleri arasında yapışma hattı güçlendirilse dahi, yapışmanın başarısız olması muhtemeldir (Aydemir vd., 2009).

1.11.2. Mekanik değişimler

Isıl işlem, 150-280°C' ler arasındaki yüksek sıcaklıklarda uygulanan şiddetli işlem şartlarına bağlı olarak odunun mekanik özelliklerinin azalmasına sebep olur. Odunun mekanik özellikleri rutubet içeriği ile yakından ilgilidir. Isıl işlem uygulanmış odunun mekanik özellikleri üzerine ligninin polikondenzasyon reaksiyonları, amorf selülozun kristalleşmesi ve/veya bozunması ve hemiselülozun modifikasyonu ve bozunması etkili olmaktadır (Korkut vd., 2009).

Direnç: Havasız ortamda 10 dk. 210°C' de ısıtılan Douglas göknarı odunların, eğilme direnci %2, sertliği %5 ve yüzey kabalığı %5 oranlarında düştüğü belirlenmiştir. Sıcaklık daha da artırıldığında 280°C' de aynı şartlar altında eğilme direnci %17, sertlik %21 ve yüzey kabalığının %40 oranlarında düştüğü bulunmuştur. Eğilme direncinde genelde düşüş (yaklaşık %35-50 arası kayıplar) 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 (Aydemir vd.,2009).

Şok direnci: Çekme, basınç ve makaslama gerilmelerinin kombinasyonu ile oluşan eğilme direnci liflere paralel çekme direnci kadar olmasa da azalmaktadır. Şok direnci daha büyük bir azalma gösterir (Korkut vd., 2009).

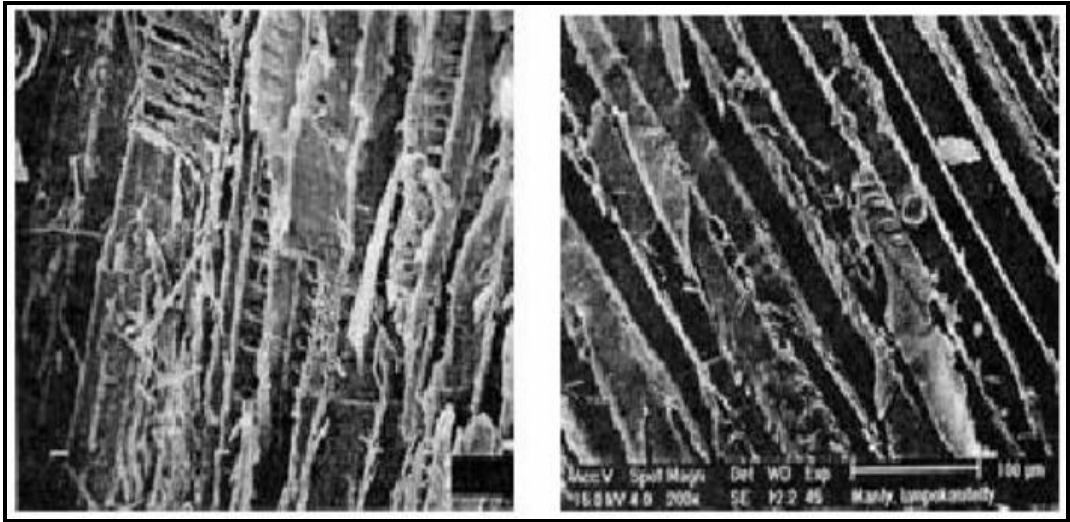
Basınç direnci: Kristalimsi selüloz önemli anizotropik yapı sergilediği için katı ve rijit yapısı boyuna yönde basınç direncini artırır. Bu anizotropik yapı nedeniyle basınç direnci radyal ve teğet yönlerde düşüktür (Korkut vd., 2009).

Makaslama direnci: Isıl işlem uygulamasından sonra makaslama direnci azalır (Korkut vd., 2009).

1.11.3. Biyolojik değişimler

Isıyla muameleyle tahrip edici mikroorganizmalara karşı ahşabın biyolojik olarak dayanımının arttığı gözlenmiştir(Fengel and Wegener,1989).

Ahşabın ısıl işlem karşısında hücre yapısındaki değişim Şekil 4.' de verilmiştir.



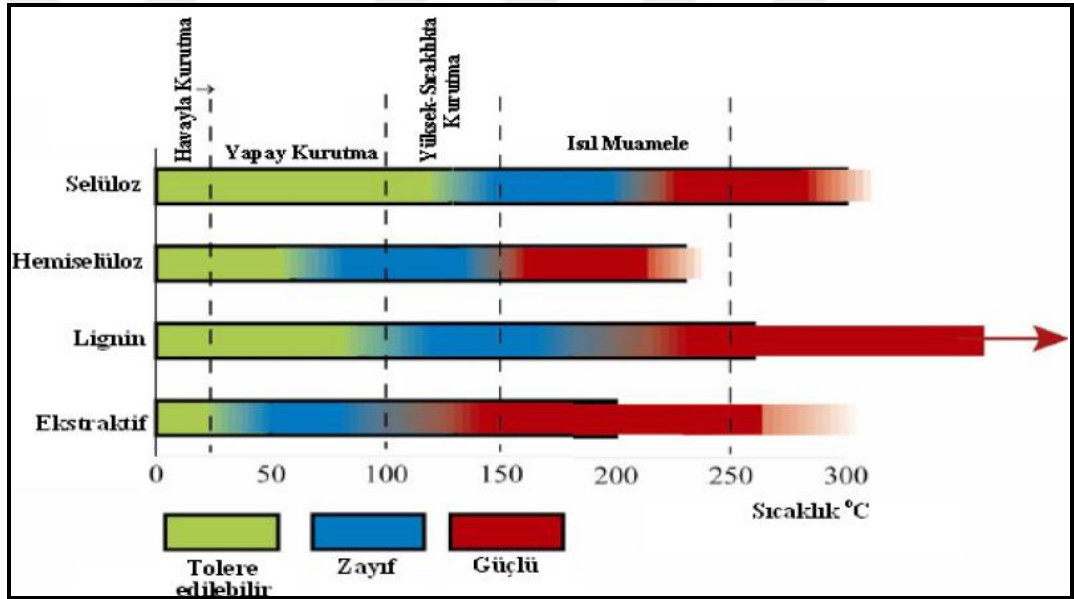
Isıl işlem uygulanmamış çam odunu

Isıl işlem uygulanmış çam odunu

Şekil 4. Isıl işlem uygulama öncesi ve sonrası ahşabın ultramikroskopik hücre değişimi gösterilmiştir (Anonim, 2003).

Isıl işlem süresi ve sıcaklığı, hemiselüloz bozunmasını etkileyen iki önemli faktördür. Sıcaklık ve süredeki artmaya bağlı olarak, arabinoz ve galaktoz gibi yan zincir bileşenleri ayrılır ve bunu mannoz glikoz ve ksiloz gibi ana bileşenlerin bozunması izler (Korkut vd., 2009).

Isıl işlem uygulaması sonucu ağaç malzemenin renginin değişmesinin yanı sıra mekanik özelliklerinde de değişimler görülmektedir. Isıl işlem görmüş ağaç malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinde meydana gelen bu değişiklikler kullanım yerlerindeki performanslarını olumlu ya da olumsuz yönde etkilemektedir. Son yıllarda yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu bu değişimlerin etkilerini ortaya koymaya yöneliktir (Ayan vd., 2012). Şekil 5.' de yapay kurutma ile ısı işlem kurutma arasında odunda meydana gelen değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 5. Yapay kurutma ile ısı işlem kurutma arasında odunda meydana gelen değişim grafiği (Johansson, 2005).

Bu çalışmanın amacı, ısı işlem uygulanmış sarıçam odunu deney numunelerinde, sıcaklık değeri (120°C, 150°C, 180°C) ve saat periyodu (2 saat, 6saat ve 10saat) olacak şekilde test edilerek sarıçam odununun bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik direnç özelliklerinin belirlenmesi amaç edilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Korkut ve Bektas (2008), Bolu Orman Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen Uludağ Göknarı ve sarıçam odununun fiziksel özellikleri (tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk ve genişleme) üzerine ısıtma işleminin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; her iki ağaç türünde de ısıtma işleminde uygulanan sıcaklığa ve süreye bağlı olarak tam kuru ve hava kurusu yoğunluğunun azaldığı ve yine genişleme değerinin de azalması neticesinde ısıtma işleminin boyutsal stabilite üzerine olumlu etkisinin olduğu vurgulanmıştır.

Perçin vd. (2010), Isıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemesinde sıcaklık artışı ile birlikte hava kurusu ve tam kuru yoğunluklar tüm deney gruplarında azalmıştır. Isıtma işlemine tabi tutulan örneklerde yoğunluklarda meydana gelen kayıpların, başta hemiselüloz olmak üzere selüloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin ısıtma işlemiyle birlikte ağaç malzemesinden uzaklaşarak kütle kayıplarına neden olması ve daha az higroskopik olan ağaç malzemesinde denge rutubet miktarının azalmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Ünsal ve Ayrılmış (2005), Yaptıkları çalışmada okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis Dehn.*) örneklerine 120°C ile 180°C arasında değişen sıcaklıklarda 2 ile 10 saat arasında ısıtma işlemi uygulamıştır. Çalışma sonucu ısıtma işlemi sıcaklığının ve süresinin artması ile hava kurusu yoğunluk, liflere paralel basınç direnci ve yüzey pürüzlülük değerlerinde düşmenin olduğunu saptamışlardır.

Aydemir ve Gündüz (2009), Yaptıkları çalışmada eğilme direncinde 200°C' den sonra genelde düşüş (yaklaşık %35-50 arası) başladığını. Buna rağmen 100°C' ve üstündeki bazı sıcaklıklarda %10' a varan artışlar olabildiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle ısıyla muamele edilmiş odunun elastikiyet modülünün değişmesi üzerinde sıcaklığın her zaman önemli olmadığını belirtmişlerdir.

Özçifçi vd. (2009), Sarıçam odununun 150°C,170°C ve 190°C' de 4, 6 ve 8 saat süre ile ısıtma işlemine tabi tutulduktan sonra teknolojik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi sonucunda, ısıtma işlemi sıcaklığına ve süresine bağlı olarak en fazla etkilenen eğilme direnci olduğunu ortaya koymuşlardır.

Gündüz vd. (2009), Isıl işlem testlerinde ahlat odununu kullanmışlardır. Çalışmada 160°C'de 2 saat ısıl işlemle elastikiyet modülünün yaklaşık %5 arttığını, eğilme direncinin % 7,42, basınç direncinin % 7,55 azaldığını ortaya koymuşlardır.

Viitaniemi (1997), Çam odununu kullanılarak yaptığı çalışmasında 180-250°C sıcaklıklarda su buharı koruması altında ısıl işleme tabi tutulan çam odununda, ısıl işleme uğramış numuneler ile kontrol örnekleri karşılaştırıldığında belli oranda eğilme direnci kayıplarının olduğunu ortaya koymuştur.

Johansson ve Moren (2006), Birch odununda 200°C'de 3 saat ısıl işlem uygulamasının deney örneklerinin eğilme direncinde % 43 oranında azalmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Doruk vd. (2010), Yaptıkları çalışmada, genel olarak ısıl işlem süresi ve uygulama sıcaklığı arttıkça ağaç malzemenin basınç ve eğilme dirençlerinin azaldığını, çalışma sonucunda, 130°C de yapılan uygulamalardaki direnç kayıpları 165°C ve 200°C de yapılan uygulamalar kadar, eğilme ve basınç dirençlerini etkilemediğini bildirmişlerdir.

Korkut vd. (2009), Eğilmede elastikiyet modülünde odunun elastik özellikleri üzerine ısıl işlem uygulamasının etkileri eğilme testi süresince elastikiyet modülündeki artmaya rağmen oldukça sınırlı olduğunu, hemiselülozun bozunması, lignin hemiselüloz matriksinin yük paylaşım kapasitesinin bozulması ve kristalimsi selüloz molekülündeki nispi artma elastikiyet modülünün artmasına katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Schneider (1971), Farklı sıcaklıklarda ve sürelerde ısıl işleme maruz bırakılan çam ve kayın diri odunlarında yapılan deneysel incelemelerde özellikle her iki ağaç türünde 150°C ve üzerindeki sıcaklıklarda eğilmede elastikiyet modülünde bir azalmanın meydana geldiğini belirtilmiştir.

Kol (2010), Isıl işlemin çam ve göknar odunu üzerindeki fiziksel ve mekanik incelemesinde ısıl işlemin eğilme direnci, elastikiyet modülü ve şok direncini azalttığını belirtmiştir.

Winandy (1996), Yaptığı çalışmada ısı muamele sonunda odunun direnç özelliklerinde düşüş gözlemlemiştir. Bu özelliğinden dolayı ısı işlem görmüş odun malzemenin taşıyıcı unsur olarak yapılarda kullanılmasının sakıncalı olacağını bildirmiş, fakat uygun ısı işlem metotları kullanılarak odunun direncindeki kayıplar en iyi şekilde engellenebilirse, bazı kullanım yerleri olabileceğine vurgu yapmıştır.

Kitahara vd., (1951), 150°C ve 200°C sıcaklıklarda 1, 3, 5, 10 ve 20 saat süreyle ısı işlem uygulayarak, Japon servisi (*Chamaecyparis Obtusa*) ve Japon kayını (*Fagus crenata*) odunlarının özelliklerini incelemiştir. Deneyler sonucunda 1 saat süre ile 200°C sıcaklık uygulanmış ağaç malzeme de şok direncinin %50 oranında düştüğünü belirtmişlerdir. Aynı çalışmada ısı işlemin ağaç malzemenin sertlik değerini arttırdığını ve 5 saat ısı işlem uygulanmış numunelerin eğilme direncinde bir değişiklik olmamasına karşın 150°C den yüksek ısı işlem uygulamalarında sıcaklığın artmasına paralel olarak eğilme direncinin azaldığını belirtmişlerdir.

Aydemir vd. (2009), Çalışmalarında, yüksek sıcaklıklarda muamele edilmiş odunun, muamele görmemiş oduna göre, sahip olduğu birçok dezavantajının iyileştirdiğini belirtmiştir. Bu sayede su ve sıcak buharla 1. dereceden temas halinde olan yerlerde kullanılabilmesini, fakat bu muamele süresince direnç kayıpları meydana geldiği için yük kaldırarak yerlerde kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Rozsa ve Fortes (1989), Basınç direncine, ağaç malzemeye uygulanan ısı işlemin etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada da, Quercus Suber odunu 100 ve 300°C' de ısı işleme tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda, 300°C' de su buharı ortamında ısı işleme maruz bırakılan örneklerde kontrol örneklerine göre direnç kayıplarının fazla olduğu bunun da ısıya maruz kalan ağaç malzemenin termal bozunmasıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Özçifçi vd. (2009), Yapılan testlerin sonuçları değerlendirildiğinde, ısı işlem sarıçamın teknolojik özelliklerini değiştirmekte olduğunu, uygulanan sıcaklık ve sürenin artışı ile doğru orantılı olarak sarıçamın ağırlık kaybı artmakta ve rengi koyulaşmakta, sıcaklık ve süre arttıkça hacimsel genişlemesi azalmakta ve böylelikle boyutsal stabilizasyonu geliştirilebilmekte olduğunu tespit etmişlerdir. Isı işlem sarıçamın eğilme direnci ve elastikiyet modülünde azalmaya neden olurken basınç direncinde artışa neden olduğu, mekanik dirençler arasında Isı işlem

uygulanmasından en fazla eğilme direnci etkilediği, bu sonuçlara göre, mekanik direncin önemli olduğu yük taşıyıcı yapı elemanlarında, yüksek sıcaklıkta ve uzun süre ısıtılma işlemi uygulanmış ağaç malzemenin kullanımı uygun olmayacağını bildirmişlerdir.

Dizman vd. (2010), Araştırmada, klasik emprenye maddelerine alternatif olarak geliştirilen odun modifikasyon yöntemleriyle, oduna kazandırılan dayanıklılık ve boyut stabilizasyonu sayesinde doğal dayanıklılığı az olan ağaç türlerinin dış hava koşullarında değerlendirilmesi mümkün olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Akkılıç vd. (2014), Yaptığı çalışma sonucunda, ahşabın kullanım sırasında ve sonrasında sağladığı birçok avantaja rağmen özellikle dış hava koşullarında kullanıldığı takdirde bünyesinde meydana gelen olumsuz değişiklikler ahşabın kullanım alanını sınırlandırdığını ve ahşabın bu gibi kusurlarını elemine etmek için birçok uygulama geliştirildiğini belirtmişlerdir. Bu uygulamaların içerisinde pratik bakımdan en uygun yöntemlerden birisinin bahsi geçen ısıtılma işlemi uygulaması olduğunu belirtmişlerdir. Isıtılma işlemi uygulanmış ahşap parke ve döşeme tahtası, park ve bahçe mobilyaları, bahçe çitleri, çocuk oyun alanı, pencere ve pencere panjurları, iç ve dış kapı, sauna ve sauna elemanları, iç mekân mobilyaları, müzik aletleri yapımında ve özellikle iç mekân ve dış cephe kaplaması olarak kullanılabilmesini ortaya koymuşlardır.

Altınok vd. (2010), Isıtılma işlemi uygulamasının ağaç malzeme üzerinde hiçbir kimyasal madde kullanmadan boyutsal stabilizasyonun sağlanmasında önemli bir odun modifikasyon yöntemi olarak karşımıza çıkmakta olduğunu bildirmişlerdir. Böylelikle çevre ve insan sağlığına zarar veren kimyasalların kullanımına ihtiyaç duyulmaksızın, hacimsel genişlemenin yaklaşık % 50 oranında azaltılabilmesi, ısıtılma işlemi uygulanmış dişbudak ve karaçam odunlarında özellikle boyutsal kararlılığın önemli olduğu rutubetli ortamlarda kullanılma imkânını arttıracaklarını bildirmişlerdir.

Yıldız (2002b), Isıl işlem görmüş Kayın ve Doğu ladini odunlarını atmosferik şartlarda 2, 6 ve 10 saat 130, 150, 180, 200°C' lerde ısıl işleme tabi tutulmuştur. Dene sonuçlarına göre fiziksel özelliklerden, boyutsal stabilizasyonda, ısıl işlemin memnuniyet verici olduğu, mekanik ve teknolojik özellik değerlerinin genellikle maruz olduğu şartlar ve sıcaklığın ağırlaştırılmasıyla bir düşüşe neden olduğu; kimyasal özelliklerde ise ısıl işlem süresince en çok holoselülozların bozulduğunu ortaya koymuştur.

Edlund ve Jermer (2004), Ladin ve Sarıçam odunları 220°C sıcaklıkta 4 saat boyunca termal olarak muamele edilmiş ve 2 yıl süreyle örneklerde hiçbir çürüme veya renk değişimi görülmemiştir. Ayrıca muamele sonrasında özellikle yüksek sıcaklık ve sürede ağaç malzemelerin rengi daha koyu bir hal almakta olduğunu, bu yönüyle de ısıl işlem sıcaklığı süreye göre ağaç malzemenin yapısını daha fazla etkilediğini ortaya koymuşlardır.

Yıldız (2002b), Yaptığı çalışmada odunun fiziksel özelliklerin boyutsal kararlılığında ısıl işlemin olumlu sonuçlar verdiğini mekanik özelliklerin ise ısıl işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte düştüğünü bildirmiştir.

Tjeerdsma ve Militz (2005), Çalışmalarında kayın ve sarıçam odunlarına 145°C sıcaklıkta 4 saat süre ile ısıl işlem uyguladıktan sonra FTIR spektroskopunda analizlerini yapmışlar. Analizler sonucunda, sıcaklığın artmaya başlamasıyla hemiselüloz gruplarının parçalanmaya başladığını belirtmişlerdir. Ayrıca asetik gruplarının çoğunun yüksek sıcaklıklarda odunun muamelesi boyunca çatladığı gözlemlenmişlerdir.

Ayadi vd. (2003), Termal olarak modifiye olmuş odunun renk stabilizesi hızlandırılmış dış ortam koşullarında kontrol örneklerinden daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Özçiftçi vd. (2009), Yaptıkları çalışmada sarıçam odununa uygulana ısıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin hacimsel şişme değerini %50 oranında azalttığını ortaya koymuşlardır.

Fengel ve Wegener (1989), Isıl işlemin odun bozundurduğu mikroorganizmalara karşı, ahşabın biyolojik olarak dayanımının arttığını gözlemlemişlerdir. Isıl işlem uygulanmış örneğin eğilme testi suresince ani kırılması dikkate değer olduğu, ısı işlem uygulanmamış örnekte ise kademeli kırılma söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

Hillis (1984), Yaptığı çalışmada, ısı işlemi ağaç malzemesinde bulunan selüloz, hemiselüloz ve lignin miktarlarında ve yapılarında önemli değişiklikler meydana getirdiğini bildirmiştir.

Esteves ve Pereira (2009), Birçok odun türünün yüksek rutubet ortamında çürümeye elverişli olduğunu ve ısı işlem odununun biyolojik direncinin artmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Ağaç türü

3.1.1.1. Sarıçam odunu (*Pinus sylvestris L.*)

Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) kıymetli odunu olan önemli bir orman ağacıdır. Ülkemizde, Eskişehir Yeşildağ'dan başlayıp doğuya doğru Kuzey Anadolu yüksek kesimlerini kaplayarak Sarıkamış üzerinden Kafkas'lara geçen Karadeniz Bölgesinde Of ve Sürmene dolaylarında deniz kıyısına inen sarıçam; Artvin, Rize çevresinde doğu ladini ile karışık orman kurarak 2100 metreye kadar çıkar. Sarıçam yurdumuzda, iğne yapraklı ormanlar içerisinde 1.239.578 hektarla üçüncü sırada yer almaktadır. Adını, levhalar halinde ayrılan gövde kabuğunun tilki sarısı renginden alır. Yetişkin bireylerin boyu 20-40 m. arasında değişir (Tutuş vd., 2010).

Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ülkemizin önemli ve ekonomik değeri yüksek ağaç türlerinin başlıcalarından biridir. Çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılışa sahip olan sarıçam, Avrupa ve Asya'da yaklaşık 3700 km eninde ve 14700 km uzunluğunda (37° –70° N ve 7° –137° E) çok geniş doğal yayılışa sahiptir. Kuzey sınırı İskoçya, Norveç, İsveç ve Finlandiya'nın kuzeyinde 70. enlem derecesine kadar olan yerlerde, Sibiry steplerinde Sibiry Melezi ile birlikte iğne yapraklıların orman sınırını teşkil eder. Güney sınırı ise İspanya'da Pirene dağlarının yüksek kesimlerinde, Alp'lerde, Karpat'larda, serpilmiş durumda Yugoslavya ve Bulgaristan ile Anadolu, Kırım ve Kafkas'larda bulunmaktadır (Anonim, 1994).

Çamlar, Pinaceae familyasının en önemli cinslerinden biridir. Ülkemizde 5 tür ile temsil edilmektedir. Sarıçam 30-45 m boy, 0,6-1,0 m çap yapmakta, gövde şekli düzgün ve dolgun olup, kullanılabilir gövde uzunluğu 18-20 m dir. Diri odun 5-10 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte, öz odun kırmızımsı sarı ve kırmızımsı kahverengindedir. Kesimden sonra daha da koyulaşır. Yıllık halka sayıları belirgin

ve hafif dalgalıdır. Yaz odunu koyu renkli olup, açık renkli ilkbahar odunu ile kontrast oluşturur. Odunu mat olup, parlak değildir. Taze halde iken reçine kokuludur. Dekoratif bir görünüşü vardır. Odunu oldukça sert ve orta ağırlıktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Kolay kurutulur, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır. İyi işlenir ve yapıştırılır. Yüzeysel işlemlerinde reçine sızıntısı nedeniyle güçlük çıkar. Güç cilalanır. Öz odunu oldukça dayanıklı, diri odunu mantar ve böceklere karşı hassas, odununun rutubeti %25'ten fazla olduğu hallerde, 20-25°C sıcaklıklarda mavi renk oluşumu görülür (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Kayseri Pınarbaşı'nda dünyadaki yayışının en güney noktasına ulaşır. Ülkemizde bu kadar geniş bir yayılışa sahip olan Sarıçamın dikey yayılışı Sürmene ve Arhavi yakınlarında deniz seviyesinden (Çamburnu), Sarıkamış'ta 2700 metreye (Ziyarettepe) kadar çıkmakta ise de, ortalama olarak 1000-2500 metreler arasında saf ve diğer türlerle karışık olarak yayılış gösterir. Doğu Karadeniz Bölgesinde saf ya da Doğu Ladini ve Göknar ile karışık, Orta ve Batı Karadeniz Bölgelerinde saf ya da Göknar ve Kayın ile karışık, Orta Anadolu'daki Dumanlı, Yıldız ve Akdağ ormanlarında saf, Tokat, Yozgat, Kayseri Pınarbaşı ilçesinin batısı, Kızılcahamam ve Eskişehir-Kütahya arasındaki dağlık yerlerde saf ve karışık, Kuzeybatı ve Batı Anadolu'daki Uludağ ve Dursunbey Alaçam ormanlarında karışık, Karadeniz etkisinin hissedildiği Karadeniz dağlarının güney yamaçlarında ve Çoruh vadisinde ve Kuzeydoğu Anadolu'da Ardahan, Oltu, Göle, Sarıkamış dolaylarında çoğunlukla saf meşcereler oluşturur (Anonim, 1994).

Sarıçamın Botanik Özellikleri

Yetiştirme ortamlarına göre 20-40 metre boylarında narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı ya da dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir ağaçtır. Aslında bu son özellikler ağacın yaşlılığı ile oluşur. Bazen de fakir topraklarda ve kayalıklarda, arktik bölgelerde çalı halinde, bodur biçimde bulunmaktadır (Anşin, 2001).

Önemli bir anahtar özellik kabuktur. Kabuk genç bireylerde ve yaşlı ağaçların üst kesimlerinde tilki sarısı, kirli sarımsı kırmızıya da kırmızımsı kahverengi bir renktedir. Gövdenin altlarında ve yaşlı ağaçlarda önceleri sarı olan renk koyulaşmakta ve gri kahverengi, kalın ve çatlaklı bir biçim almaktadır. Genç sürgünler önceleri yeşilimsi sarı, sonraları grimsi sarıdır ve tüsüzdür (Anşin, 2001; Davis, 1965).

Makroskopik Özellikleri

Sarıçam, genellikle meşcere içerisinde düzgün gövdeler yapar. Gövdenin enine kesiti ekseriya yuvarlak olup, kapalılık durumu bozulmuş 12 meşcereler de basınç odunu oluşumu ile gövde oval bir şekil alır.

Diri odun, öz odun sınırları ayrıntılıdır. Diri odun genişliği yetişme muhitine göre değişmektedir. Öz odunun rengi kırmızı ile kahverengi olup, kesimden sonra uzun süre açık havada kalan tomruklarda bu renk daha koyulaşır. Yaz odunu rengi koyucadır ve geçiş kolayca fark edilir. Reçine kanalları enine ve boyuna kesitlerde gözle kolayca görülür. Öz ışınları dar ve yüksek orandadır. Odunu düz, kaba ve uzun lifli, orta ağırlıkta, keskin reçine kokuludur (Toker, 1960).

Mikroskopik Özellikleri

Sarıçam genellikle bütün Avrupa ve Asya'nın en yaygın türlerinden biridir. Bu bakımdan mikroskopik özellikleri birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Enine kesitte yaz odunu oldukça geniş ve traheid çeperleri, ilkbahar odunundakine karşın daha kalınca ve lümenler yuvarlak görünüştedir yaz odununda daha fazla olup 100 - 150 mikron çapında ve enine kesitte dairesi bir görünüştedirler. öz ışınları genellikle tek sıralı olup, reçine kanallarının olması halinde 2 - 5 sıralı bir diziliş gösterirler. Traheidlerin teğet çeperlerinde bordürlü geçitlere çok seyrek rastlanır ve daima teker teker bulunurlar. İlkbahar odununda sayıları oldukça fazladır. Radyal hücre çeperlerinde geçişler 10 - 18 mikron kadardır. Geçit ağızları oldukça dardır. Öz ışınları, ince çeperli parankima hücreleriyle, kalın çeperli öz ışını traheidlerinden oluşurlar. Öz ışını traheidleri sivri uçlu olup çoğu kez üç köşelidirler (İlhan, 1990).

Sarıçam odunu traheitlerinin uzunluğu en az 1.6 mm, en çok 5.7 mm ve ortalama 3.7mm'dir. Sarıçam odununda, % 41.9 oranında selüloz, % 12.8 oranında heksozan, % 8.7 oranında pentozan, % 29.5 oranında lignin, % 3.2 oranında yağ ve % 1.3 oranında kül bulunmaktadır. Ancak bu kimyasal maddeler, ağacın çeşitli kısımlarında farklı miktarlarda bulunmaktadır. Ayrıca sarıçamın diri odununda % 4.19 oranında, özodununda ise %9.17 oranında terebentin bulunmaktadır (Anonim , 1994).

Bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Sarıçam odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 6.' da verilmiştir (Toker, 1960).

Çizelge 6. Sarıçam odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Özellikler	Ortama değerler
Hava kurusu özgül ağırlık	0,530 gr/cm ³
Liflere paralel basınç direnci	379,2 kg/cm ²
Liflere dik basınç direnci	46,1 kg/cm ²
Eğilmede elastikiyet modülü	120000 kg/cm ²

3.1.2. Beyaz çürüklük mantarı

Korozyon çürüklüğü olarak da bilinen beyaz çürüklük, Basidiomycetes grubu mantarları tarafından meydana getirilmektedir. Beyaz çürüklük mantarları genellikle lignini tahrip etmekte, geriye beyaz lifli selüloz yapısı kalmaktadır. Bazı türleri ise hem hemiselülozu, hem de lignini tahrip etmektedir. Malzeme üzerindeki bozulma hemiselülozun depolimerizasyonu sonucu oluşmaktadır. Bozulmanın sonucunda malzeme yüzeyinde beyaz renkli fibriller görülmekte ve malzemede % 95'e kadar ağırlık kaybı oluşabilmektedir (Zabel ve Morrell, 1992).

Beyaz çürüklük yapan mantarlar, odunun esas yapısını meydana getiren tüm bileşiklerini, yani hem lignin hem de karbonhidratları tahrip etme kapasitesine sahiptirler. Teorik olarak odun hammaddesinin tümünü tahrip edebilmektedirler. Böylece çeperde incelme yeknesak bir şekilde olmakta ve hücre çeperinin tahribatı yeknesak bir şekilde ilerlemektedir. İki esas tipe ayrılmaktadırlar. Birinci beyaz tip çürüklükte sağlam odun içerisinde genellikle birbirinden ayrı boşluklar olduğundan, bu görünüme delikçili çürüklük adı verilmiştir. İkinci tip beyaz çürüklük mantarlarının hücre çeperinde oluşturduğu küçük delikçikler tedricen büyüyüp, sayıları artar, sonunda delikçikler birleşerek hücre çeperi kompleksini ortadan kaldırır.

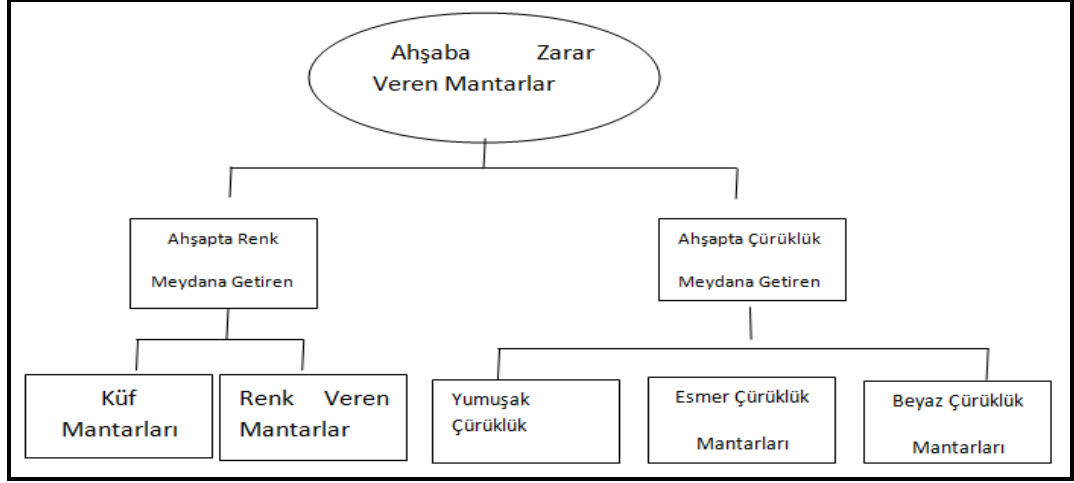
Böylece odunda çıplak gözle görülebilecek büyüklükte boşluklar oluşur. Beyaz çürüklüğe uğramış oduna çıplak gözle bakıldığında renk değişimi ve ağırlık kaybı dışında fazla bir değişiklik tespit edilmez (Anonim, 1994).

3.1.3. Esmer çürüklük mantarı

Esmer çürüklük (Kahverengi Çürüklük) : Odunun rengi esmerleşir. Odunda enine ve boyuna yönde çatlaklar oluşur ve bunların araları mantar miselleriyle kaplanır. Çatlakların aralarında kalan odun parçaları küçük prizma veya küpçükler halinde koparılabilir. Koparılan parçalar parmaklar arasında kolayca ezilerek toz haline getirilebilir. Esmer çürüklük sonucu odunda bir çökme ve hacim küçülmesi olur ve beyaz çürüklükte görülen sınır çizgileri bulunmaz (Yalınkılıç,1990).

Mantarların ağaç malzemedeki meydana getirdiği zararlar, renk değişim, küflenme ve çürüklük şeklinde olmaktadır. Bununla ilgili sınıflandırma Çizelge 7.' de verilmiştir. Çürüklük yapan mantarlar odunun yapısını oluşturan lignin, hemiselüloz ve selüloz gibi ana maddelerini tahrip ederler. Bunun sonucunda mukavemet özelliklerinin ve kullanım ömürlerinin azalmasına neden olurlar. Mantarlar ağaç malzemenin rutubeti %20 nin altında olduğu zaman faaliyet göstermezler (Erten ve Sözen, 1995).

Çizelge 7. Ahşaba zarar veren mantar sınıfları (Bozkurt vd, 1993).



3.2. Yöntem

3.2.1. Deney parçalarının seçimi

Çalışmada kullanılacak sarıçam odunu deney numuneleri Marmara bölgesinin, Güney Marmara bölümünden seçilmiştir. Gövde oluşumu istenilen özelliklerde olan, budaksız, düzgün lifli, ağaç hastalıkları ve kusurlu büyüme gibi özelliklerden uzak kereste kullanılmıştır.

Hazırlanan bütün numuneler için öncelikle 100'lük kum zımpara sonrasında ise 120'lik kum zımpara ile perdah işlemleri yapılmıştır. Bu işlemler bittikten sonra deney parçaları bir hafta boyunca değişmez ağırlığa gelinceye kadar iklimlendirme fırınında tutulmuşlardır.

3.2.2. Deney parçalarına ısıtma işlemi uygulama

Termal modifikasyon (ısıtma işlemi) olarak adlandırılan bu yöntem, üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar ısıtma aşaması, kurutma aşaması, soğutma ve iklimlendirme aşamasıdır.

Önceden hazırlanıp zımpara ile tesviye edilen deney ve kontrol parçaları değişmez hale gelinceye kadar iklimlendirme dolabında tutulmuştur. Isıtma işlemi uygulaması için

üç ayrı sıcaklık derecesi ve üç ayrı süre uygulanmıştır. Sıcaklık dereceleri ve saatler Çizelge 8.' de verilmiştir.

Çizelge 8. Isıl işlem uygulama derece ve saatleri

Uygulanan Sıcaklık Dereceleri		120°C	150°C	180°C
Uygulama Saatleri	2 Saat	Her bir derece için verilen üç ayrı saat diliminde ısıl işlem uygulaması yapılmıştır.		
6 Saat				
10 Saat				

Uygulama sırasında öncelikle ısıl işlem fırının sıcaklığı kademeli olarak yükseltilmiştir. Odunun iç ısısı ve fırının sıcaklık miktarı aynı seviyeye geldiğinde istenilen ısıl işlem derecesine geçilmiştir. Bu yapılan işlem 1.aşama ısıtma aşaması olarak adlandırılır. 2. Aşamada ise kurutma aşamasına geçilmiştir. 2 saat, 6 saat ve 10 saat boyunca ısıl işlem uygulanmıştır.

3.aşama olarak soğutma ve iklimlendirme aşamasında ise ısıl işlem uygulamasında kademeli olarak soğutma işlemine geçilmiştir. Parçaların soğutulması ve iklimlendirme aşamasında parçaların nem miktarını dengelemek ve soğutmaya yardımcı olmak için su püskürtme yoluyla parçalara nemlendirme çalışması yapılmıştır.

Isıl işlem uygulanmış deney parçaları iklimlendirme dolabında muhafaza edilmiştir. Test zamanı gelen parçalar iklimlendirme dolabından alınarak mümkün olan en kısa sürede testler uygulanmıştır.

3.2.3. Yoğunluk testi

3.2.3.1. Tam kuru yoğunluk

Tam kuru yoğunluk değerlerini belirlemek için, TS 2472 (TS 2472, 1976) esaslarına uyulmuştur. Buna göre hava kurusu haldeki örnekler $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki

havalandırılabilen kurutma dolabında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Tam kuru yoğunluk deney örnekleri Şekil 6.'da verilmiştir.



Şekil 6. Tam kuru yoğunluk deney örnekleri

Örnekler daha sonra kurutma dolabından alınarak 0,01 g duyarlıklı analitik terazide tartılmıştır. Örnekler, boyutları 0,01 mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri stereo metrik metot ile belirlendikten sonra Tam kuru yoğunluklar (δ_o); tam kuru ağırlık (M_o) ve tam kuru ağırlıktaki hacim (V_o) değerlerine göre; hesaplanmıştır. Şekil 7.' de hassas terazi ve kumpas gösterilmiştir.



Şekil 7. Hassas terazi ve kumpas

$$\delta_o = \frac{M_o}{V_o} \text{ g/cm}^3 \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.} \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte;

δ_o = Tam kuru yoğunluk (g/cm^3)

M_o = Tam kuru ağırlık (g)

V_o = Tam kuru hacim (cm³)

3.2.4. Mekanik testler

3.2.4.1. Eğilme direnci testi

Eğilme direnci deney numuneleri için iklimlendirme dolabında hava kurusu değer olan %12 değere ulaşan numuneler hazırlanmıştır (Şekil 8). Deneyler bilgisayar kontrollü üniversal deneme makinesinde yapılmıştır.



Şekil 8. İklimlendirme dolabı

Eğilme direnci ve elastikiyet modülünün tespiti için TS EN 326 esaslarına göre 20x20x360 mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Şekil 9.' da ilgili düzenek gösterilmiştir. Deneylerde TS 2474 esaslarına uyulmuştur.

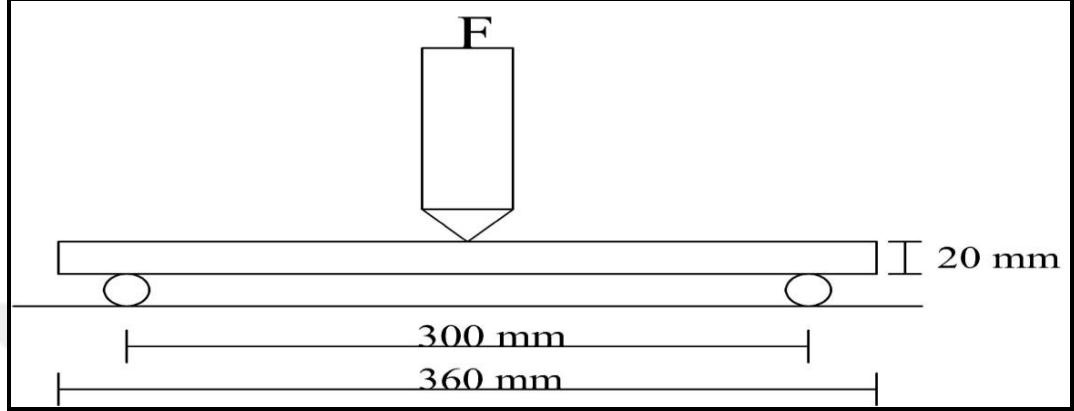
$$\sigma_e = \frac{3F_{\max} l}{2b h^2} \quad \text{N/mm}^2 \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.} \quad (3.2)$$

Burada;

l: Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

b: Örneğin genişliği (mm)

h: Örneğin kalınlığı (mm)



Şekil 9. Eğilme direnci deney düzeneği (ölçüler mm)

3.2.4.2. Eğilmede elastikiyet modülü

Eğilme elastikiyet modülü deney numuneleri için iklimlendirme dolabında hava kurusu değer olan %12 değere ulaşan parçalar 20x20x360 mm boyutlarında parçalar hazırlanmıştır. Eğilme direnci test düzeneği Şekil 10.' da verilmiştir.

Elastikiyet modülünün belirlenmesinde eğilme direnci deney örnekleri kullanılmış ve deneylerde TS EN 310 ve TS 2474 esaslarına uyulmuştur. Kayıt monitörü Şekil 11.'de gösterilmiştir. Elastik deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı (Δf) için örnekteki eğilme miktarları farkı (Δf) yardımı ile elastiklik modülü bulunmuştur.

$$E = \frac{1}{4} \frac{(F_2 - F_1)Ls^3}{\Delta f b x h^3} \text{ Kg/cm}^2 \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.} \quad (3.3)$$

Burada;

F1 = Birinci yük

b = Örnek genişliği (cm)

F2 = İkinci yük

h = Örnek kalınlığı (cm)

Δf = Sehım farkı (cm)

L_s = Mesnet açıklığı (cm)



Şekil 10. Eğilme direnci test cihazı



Şekil 11. Eğilme direnci ölçüm kayıt monitörü

3.2.4.3. Liflere paralel basınç direnci testi

Basınç direnci deneyinde kullanılması için iklimlendirme dolabında hava kurusu değer olan %12 değere ulaşan parçalar 20x20x30 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Tez çalışmasında kullanılan basınç direnci deney örnekleri Şekil 12.' de verilmiştir.

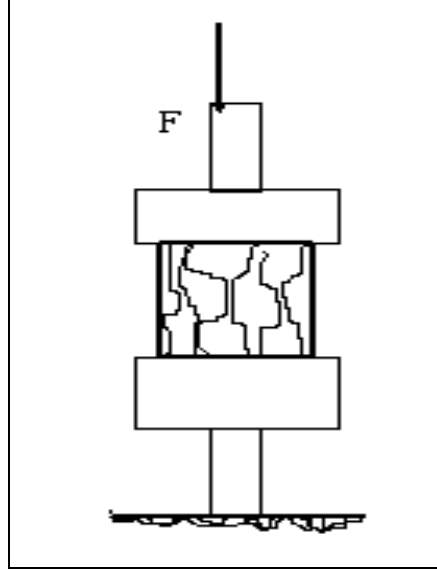


Şekil 12. Basınç direnci deney örnekleri

Liflere paralel yönde basınç direnci TS 2595 (TS 2595, 1977) esaslarına uyularak belirlenmiştir. Deney parçaları her grup için 10'ar adet hazırlanmıştır. Basınç direnci deney düzeneği Şekil 13. de gösterilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan basınç direnci ölçüm cihazı Şekil 14.' de verilmiştir. Basınç direnci ölçüm kayıt monitörü Şekil 15.' de verilmiştir.

Deneylelerden önce, kuvvetin uygulandığı enine kesit alanı ölçülüp, basınç dirençleri (σ_b); aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\sigma_b = \frac{F}{A} \quad \text{N/mm}^2 \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.} \quad (3.4)$$



Şekil 13. Liflere paralel basınç direnci deney düzeneği (Özçifçi, 2001).

Bu eşitlikte;

F: Kırılma anındaki maksimum kuvvet,

A: Örneğin enine kesit alanı (mm^2), değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 14. Basınç direnci ölçüm cihazı



Şekil 15. Basınç direnci ölçüm kayıt monitörü

3.2.5. Çürüklük testleri

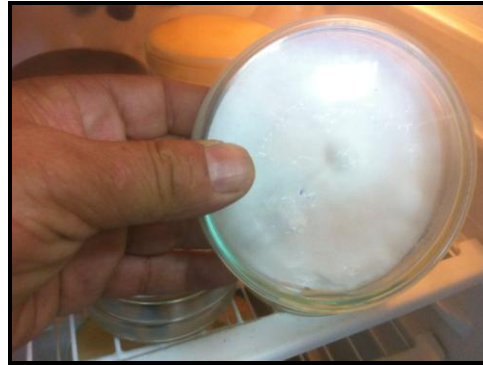
Ağaç malzeme çürüklük testi için beyaz çürükçül mantarı olarak *Trametes versicolor* (L.) Lloyd (MAD – 697), mantarı, kahverengi çürükçül mantarı olarak *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard (MAD 698) türleri kullanılmıştır. (15x25x50) mm ölçülerinde hazırlanan deney örnekleri ASTM 1413–7246 (ASTM-D 1413–72, 1972) esaslarına göre hazırlanmıştır. Deney parçaları her grup için 10’ar adet hazırlanmıştır.

Test örneklerinin sterile edilmesi için, örnekler kavanozlara, yerleştirilmiş ve Hirayama marka otoklavda 121°C’ de 15 dakikalık sterilizasyona tabi tutulmuşlardır. Testlerde kullanılan otoklav Şekil 16.’ da verilmiştir. Bu işlem sonrasında örnekler, kapaklardan hava almayacak biçimde ekim aşamasına kadar cam kavanozlarda bekletilmişlerdir.



Şekil 16. Otoklav (Buharlı sterilizatör)

Örneklerin mantar kültürü ile aşılama işleminin gerçekleştirileceği petri kapları 161°C’ de 2 saat süre ile kurutma fırınında bekletilerek zararlı organizmalara karşı sterile edilmişlerdir. Besi maddesi ortamını hazırlamak için; 1000 ml su içerisine 48 gr oranında malt ekstrakt agar konarak hazırlanan mantar besi maddesi, 15 dakika süreyle 121°C’ de otoklavda sterile edildikten sonra, sterile edilmiş petri kaplarına 20’ şer ml olacak miktarda dökülmüştür (Şekil 17.). Sonrasında oda sıcaklığında soğumaya bırakıldıktan sonra 1 gün 30°C’ de inkübatörde inkübasyona bırakılmıştır.



Şekil 17. Çürüklük testinde kullanılan kahverengi çürüklük mantarının malt ekstrakt agar ortamında gelişmiş hali

Hazırlanan besi yerlerine çalışmada kullanılacak olan mantar türlerinin önceden hazırlanan saf kültürden alınan 1cm parçalardan her bir petri kabına 2 şer adet parça ekimi yapıldıktan sonra (Şekil 18.' de verilmiştir.) 27°C de inkübatörde 10 gün süreyle misellerin gelişimine bırakılmıştır. (Tez çalışmasında kullanılan inkübatör Şekil 19.'da verilmiştir.) Bu sürenin sonunda kontaminasyona uğrayanlar petriler hemen test sürecinden çıkarılmıştır. Test örneklerinin sterile edilmesi için, örnekler kavanozlara yerleştirilmiş ve Hirayama marka otoklavda 121°C' de 15 dakikalık sterilizasyona tabi tutulmuşlardır.



Şekil 18. Mantar kültürü aşılama



Şekil 19. Deneylerde kullanılan inkübatörler

Test örnekleri, 10 günlük bekleme süresi sonunda her bir petriye 2 test örneği olacak şekilde yerleştirilmiş. Mantar ekimleri ve test örneklerinin petrilere konulması işlemi Şekil 20.' de görülen laminar flow kabininde yapılmıştır.



Şekil 20. Laminar flow kabini

Aşılana petri kapları, besi ortamlarındaki nemin zamanla yok olmasının önüne geçmek hem de dış ortamdan yabancı organizma girişini engellemek amacıyla, her bir petri hava almayacak biçimde kenarlarından para filmle kaplanmıştır. Şekil 21.'de verilmiştir. Ekim işleminden sonra tüm petriler iklimlendirme cihazında 27 °C ve % 65 nemde 12 hafta süre ile gelişime bırakılmıştır. Bu süreç içinde zaman zaman tüm petrilerdeki gelişim durumları kontrol edilmiş kontaminasyon durumları gözlemlenmiştir.



Şekil 21. Mantar ekim işlemi sonrasındaki deney örnekleri

12 haftalık bekleme süresi sonunda parçalar petri kaplarından çıkartılarak (Şekil 22'de verilmiştir.) Tartılarak meydana gelen ağırlık kayıpları hesaplanmıştır.

Ağırlık kayıpları aşağıdaki formül uyarınca hesaplanmıştır;

$$\text{Ağırlık kaybı \%} = \frac{(T3-T4)}{T3} \quad \text{eşitliğinden hesaplanmıştır.} \quad (3.5)$$

T3: Test örneğinin aşılama öncesi tam kuru ağırlığı

T4: Test örneğinin 12 hafta sonrasında funguslardan temizlenip, kurutma dolabına konulduktan sonraki tam kuru ağırlığı



Şekil 22. Test örneklerinin petri kaplarından ölçüm için çıkarılması

3.2.6. Sayısal verilerin istatistiksel değerlendirilmesi

Isıl işlem uygulanmış Sarıçam odununda tam kuru yoğunluk, liflere dik eğilme direnci, elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci ve çürüklük testlerinde kullanılan beyaz çürüklük ve kahverengi çürüklük mantar türlerinin neden olduğu ağırlık kayıplarını belirlemek amacıyla, SPSS programı kullanılarak çoklu varyans analizi (Univariate) yapılmıştır. Gruplar arası farklılığın önemli çıkması halinde her bir faktöre kendi içinde Duncan testi (homojenlik grubu) uygulanmıştır.

4. DENEYSEL BULGULAR

4.1. Fiziksel Bulgular

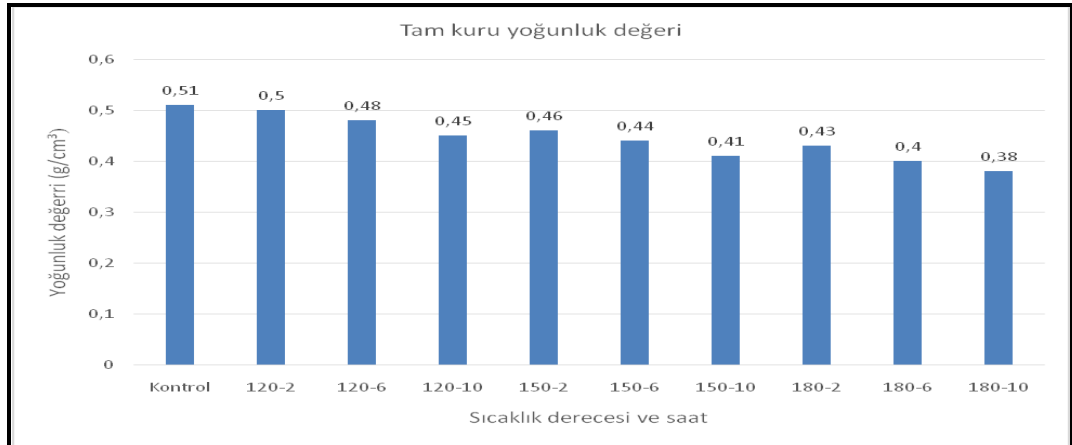
4.1.1. Tam kuru yoğunluk

Deney örneklerinin tam kuru yoğunluklarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 9. 'da verilmiştir. Buna ait bulgular Şekil 23.' de verilmiştir.

Çizelge 9. Tam kuru yoğunluk değerleri (g/cm³)

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	Ortalama (X)	Std. Sp.	Kontrole göre % değişim
Kontrol	Kontrol	0,51*	0,02	-
120	2	0,50	0,01	(-1,96)
120	6	0,48	0,01	(-5,88)
120	10	0,45	0,01	(-11,76)
150	2	0,46	0,01	(-9,80)
150	6	0,44	0,02	(-13,73)
150	10	0,41	0,05	(-19,61)
180	2	0,43	0,02	(-15,69)
180	6	0,40	0,02	(-21,57)
180	10	0,38	0,03	(-25,49)

X: Ortalama liflere dik eğilme direnci *: Ağaç malzemenin yoğunluk değeri.



Şekil 23. Tam kuru yoğunluk değerleri (g/cm³)

Tam kuru yoğunluk değerleri incelendiğinde en yüksek değer kontrol grubu örneklerinde $0,51 \text{ g/cm}^3$ olduğu, en düşük değer ise 180°C ' de 10 saat $0,38 \text{ g/cm}^3$ ısıtma işlemi uygulanmış deney örneklerinde olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Mekanik Testler

Bu bölümde ağaç malzemenin liflere dik eğilme direnci, eğilmede elastiklik modülü ve liflere paralel basınç dirençleri araştırılmıştır.

4.2.1. Liflere dik eğilme direnci

Deney örneklerinin liflere dik eğilme direnci ölçümlerine ilişkin ortalama değerler Çizelge 10.'da verilmiştir.

Çizelge 10. Liflere dik eğilme direnci ortalamaları (N/mm^2)

Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)	Süre (Saat)	Ortalama (X)	Std. Sp.	Kontrol göre % değişim
Kontrol	Kontrol	84,00*	3,94	-
120	2	83,03	3,14	(-1,15)
120	6	80,67	4,26	(-3,96)
120	10	79,85	8,29	(-4,94)
150	2	79,71	1,71	(-5,11)
150	6	76,68	6,81	(-8,71)
150	10	78,08	2,42	(-7,05)
180	2	74,38	5,29	(-11,45)
180	6	70,91	5,67	(-15,58)
180	10	65,88	7,84	(-21,57)

X: Ortalama liflere dik eğilme direnci * : Ağaç malzemenin en yüksek liflere dik eğilme direnci değeri

Isıl işlem görmeyen (kontrol) ve ısıl işlem gören deney örneklerinin ortalama liflere dik eğilme dirençleri farklı bulunmuş olup en yüksek değer kontrol örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılaşmaya sebep olan faktörleri belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 11.' de verilmiştir.

Çizelge 11. Liflere dik eğilme direnci çoklu varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi %5
Faktör A	930,19	2	465,09	16,09	0,000
Faktör B	153,19	2	76,59	2,65	0,083
A*B	80,01	4	20,00	0,69	0,602
Hata	1155,95	40	28,90		
Toplam	301504,62	50			

Faktör A: Sıcaklık (120°C, 150°C, 180°C), Faktör B: Saat (2, 6, 10 saat) Varyasyon katsayısı

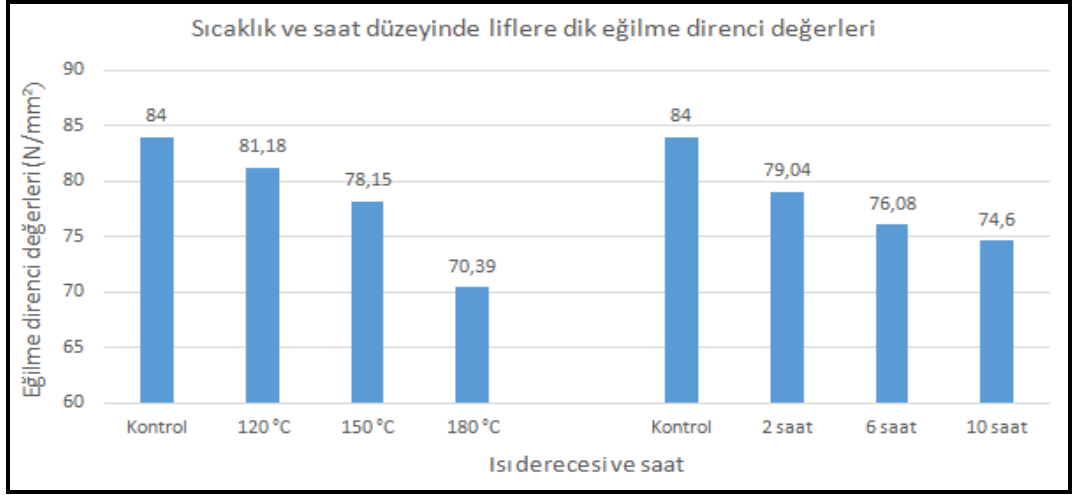
Tablo sonuçlarına göre, liflere dik eğilme direncinde istatistiksel olarak sıcaklığın önemli olduğu saat ve sıcaklık-saat ikili etkileşiminin ise sadece matematiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir ($\alpha=0,05$).

Sıcaklık ve saat düzeyinde liflere dik eğilme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 12.'de ve bununla ilgili bulgular Şekil 24.'de verilmiştir.

Çizelge 12.Sıcaklık ve saat düzeyinde liflere dik eğilme direnci değerleri ikili karşılaştırma sonuçları

Sıcaklık (°C)	Ortalamalar		Süre (Saat)	Ortalamalar	
	X	HG		X	HG
Kontrol	84,00*	A	Kontrol	84,00*	A
120	81,18	AB	2 saat	79,04	B
150	78,15	B	6 saat	76,08	B
180	70,39	C	10 saat	74,60	B

Duncan : 0.050 X: Ortalama HG: Homojenlik grubu *: Enyüksek liflere dik eğilme direnci değeri LSR: 1,04



Şekil 24. Sıcaklık ve saat düzeyinde liflere dik eğilme direnci değerleri (N/mm²)

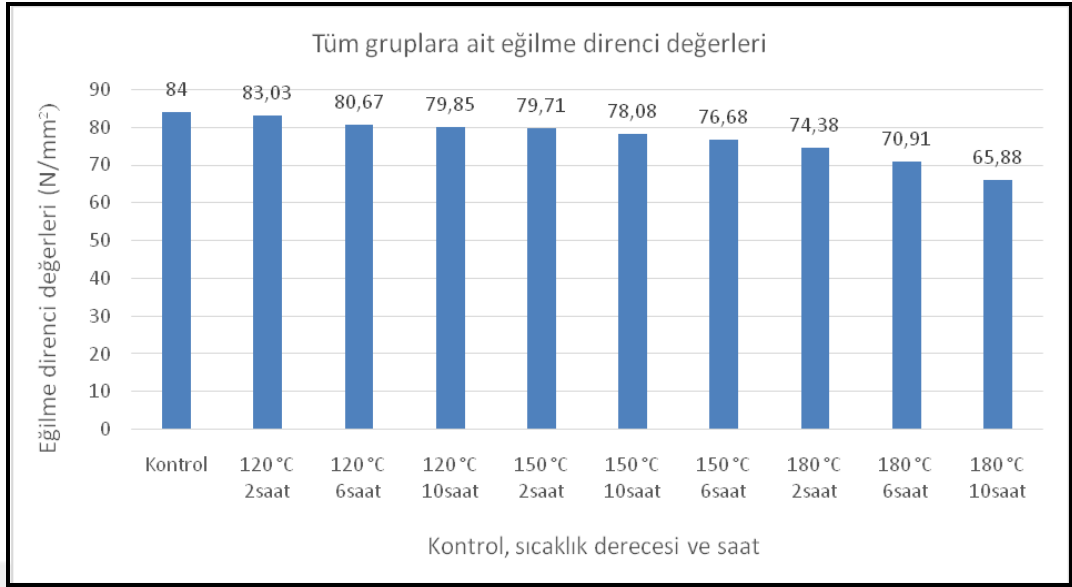
Kontrol örneklerinin ısı işlem gören örneklere göre hem sıcaklık hem de saat düzeyinde daha yüksek eğilme direncine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kontrol örneklerine göre sıcaklık ve saat arttıkça eğilme direncinin azaldığı görülmüştür.

Deney örnekleri gruplarının tamamının bir arada görüldüğü liflere dik eğilme direnci değerleri ortalamaları ve homojenlik gruplarının durumu Çizelge 13.'de bununla ilgili bulgular Şekil 25.'de görülmektedir.

Çizelge 13. Tüm gruplara ait ortalamalar ve homojenlik dağılımı

Sıcaklık (°C) Süre/Saat	Ortalamalar		Kontrole göre % değişim
	X	HG	
Kontrol	84,00	A	-
120 /2	83,03	A	(-1,15)
120 /6	80,67	AB	(-3,96)
120 /10	79,85	AB	(-4,94)
150 /2	79,71	AB	(-5,11)
150 /6	76,68	A-C	(-8,71)
150 /10	78,08	A-C	(-7,05)
180 /2	74,38	BC	(-11,45)
180 /6	70,91	CD	(-15,58)
180 /10	65,88	D	(-21,57)

Duncan : 0.050 X: Ortalama HG: Homojenlik grubu*: En yüksek liflere dik eğilme direnci değeri LSR: 0,14



Şekil 25. Tüm gruplara ait liflere dik eğilme direnci değerleri (N/mm²)

4.2.2. Elastikiyet modülü testleri

Deney örneklerinin elastiklik modülü ölçümlerine ilişkin ortalama değerler Çizelge 14.' de verilmiştir.

Çizelge 14. Elastiklik modülü aritmetik ortalamaları (Kg/cm²)

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	Ortalama (X)	Std. Sp.	Kontrole göre % değişim
Kontrol	Kontrol	9141,30	1013,33	-
120	2	9292,20	768,70	(-1,65)
120	6	9797,55	920,47	(-7,18)
120	10	9814,83	500,71	(-7,37)
150	2	10022,28	770,89	(-9,64)
150	6	10161,19	785,55	(-11,16)
150	10	10265,38	141,18	(-12,30)
180	2	10367,05	555,62	(-13,41)
180	6	10579,99	485,38	(-15,74)
180	10	10599,44*	1157,81	(-15,95)

X: Ortalama elastiklik modülü değeri *: Ağaç malzemenin en yüksek elastikiyet modülü değeri

Isıl işlem görmeyen (kontrol) ve ısıl işlem gören deney örneklerinin ortalama elastiklik modülü değerleri farklı bulunmuş olup, en yüksek değer(en gevrek)180°C’de 10 saat işlem gören örneklerde, en düşük değer(in en elastik) kontrol örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılaşmaya sebep olan faktörleri belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 15.’ de verilmiştir.

Çizelge 15. Elastiklik modülü değerlerinin çoklu varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi %5
Faktör A	7551965,93	2	3775982,97	6,48	0,004
Faktör B	3030480,95	2	1515240,48	2,60	0,087
A*B	242342,37	4	60585,59	0,10	0,980
Hata	23327330,08	40	583183,25		
Toplam	5038653375,25	50			

Faktör A: Sıcaklık (120°C, 150°C, 180°C), Faktör B: Saat (2, 6, 10 saat) Varyasyon katsayısı

Tablo sonuçlarına göre, eğilmede elastiklik modülü değerleri istatistiksel olarak sıcaklığın önemli olduğu saat ve sıcaklık-saat ikili etkileşiminin ise sadece matematiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir ($\alpha=0,05$).

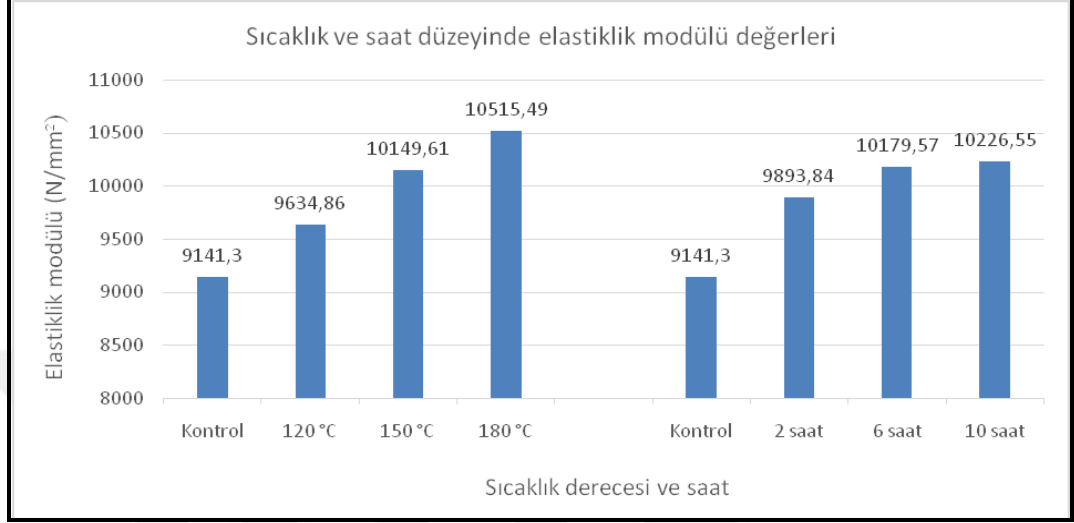
Sıcaklık ve saat düzeyinde elastiklik modülü değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 16.’da ve bununla ilgili bulgular Şekil 26.’da verilmiştir.

Çizelge 16. Sıcaklık ve saat düzeyinde elastiklik modülü değerleri ikili karşılaştırma sonuçları

Sıcaklık (°C)	Ortalamalar		Süre (Saat)	Ortalamalar	
	X	HG		X	HG
Kontrol	9141,30	A	Kontrol	9141,30	A
120	9634,86	AB	2	9893,84	B
150	10149,61	B	6	10179,57	B
180	10515,49*	C	10	10226,55*	B

Duncan : 0.050 X: Ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek liflere dik eğilme direnci değeri LSR: 146,98

Kontrol örneklerinin ısıtılma işlemi gören örneklerle karşılaştırıldığında hem sıcaklık hem de saat düzeyinde daha elastik olduğu tespit edilmiştir. Isıtılma işlemi gören örneklerin, kontrol örneklerine göre sıcaklık ve saat arttıkça gevrekleştiği ve elastikliğinin azaldığı görülmüştür.



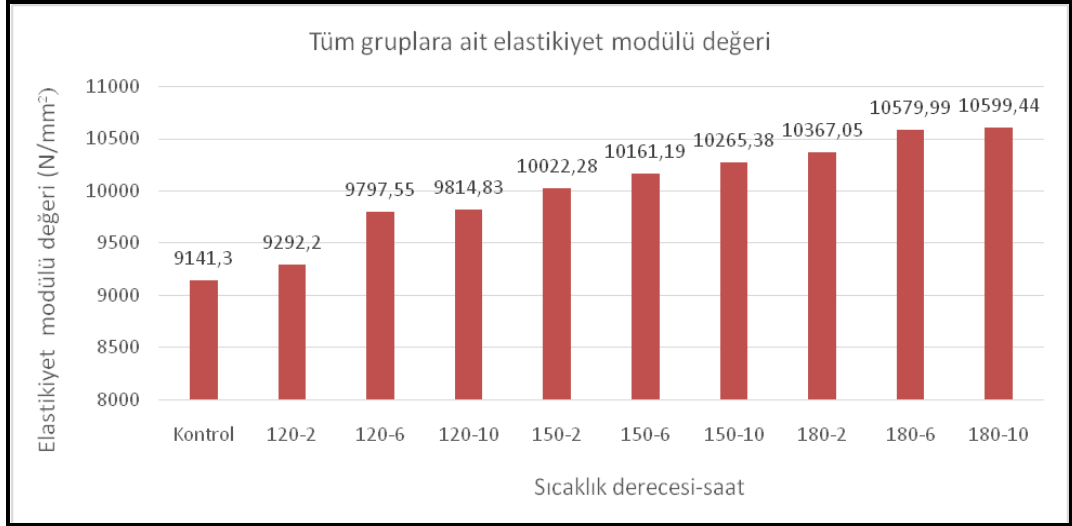
Şekil 26. Sıcaklık ve saat düzeyinde elastiklik modülü değerleri (N/mm²)

Deney örnekleri gruplarının tamamının bir arada görüldüğü elastiklik modülü değerleri ortalamaları ve homojenlik gruplarının durumu Çizelge 17.'de bununla ilgili bulgular Şekil 27.'de görülmektedir.

Çizelge 17. Elastiklik modülü ile ilgili tüm gruplara ait ortalamalar ve homojenlik dağılımı

Sıcaklık (°C) / Süre (saat)	Ortalamalar (N/mm ²)		Kontrole göre % değişim
	X	HG	
Kontrol	9141,30	A	-
120 /2	9292,20	AB	(-1,65)
120 /6	9797,55	B	(-7,18)
120 /10	9814,83	BC	(-7,37)
150 /2	10022,28	C	(-9,64)
150 /6	10161,19	C	(-11,16)
150 /10	10265,38	CD	(-12,30)
180 /2	10367,05	CD	(-13,41)
180 /6	10579,99	CD	(-15,74)
180 /10	10599,44*	D	(-15,95)

Duncan : 0.050 X: Ortalama HG: Homojenlik grubu*: En yüksek liflere dik eğilme direnci değeri LSR: 200,55



Şekil 27. Tüm gruplara ait elastiklik modülü değerleri (N/mm²)

4.2.3. Liflere paralel basınç direnci

Deney örneklerinin liflere paralel basınç direnci ölçümlerine ilişkin ortalama değerler Çizelge 18.'de verilmiştir.

Çizelge 18. Liflere paralel basınç direnci ortalamaları (N/mm²)

Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama (X)	Std. Sp.	Kontrolle göre % değişim
Kontrol	Kontrol	57,83*	0,67	-
120	2	56,78	1,47	(-1,82)
120	6	54,60	0,73	(-5,59)
120	10	53,67	0,42	(-7,19)
150	2	53,52	1,15	(-7,45)
150	6	51,37	0,77	(-11,17)
150	10	50,39	1,13	(-12,87)
180	2	49,02	0,81	(-15,23)
180	6	47,92	0,72	(-17,14)
180	10	45,83	0,87	(-20,75)

X: Ortalama liflere paralel basınç direnci *: Ağaç malzemenin en yüksek liflere Paralel basınç direnci değeri

Isıl işlem görmeyen (kontrol) ve ısıl işlem gören deney örneklerinin ortalama liflere paralel basınç dirençleri farklı bulunmuş olup en yüksek değerlerin kontrol örneklerinde

olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılaşmaya sebep olan faktörleri belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 19.' da verilmiştir.

Çizelge 19. Liflere paralel basınç direnci çoklu varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi %5
Faktör A	416,95	2	208,48	246,74	0,000
Faktör B	74,40	2	37,20	44,03	0,000
A*B	2,17	4	0,54	0,64	0,636
Hata	33,80	40	0,85		
Toplam	136603,71	50			

Faktör A: Sıcaklık (120°C, 150°C, 180°C), Faktör B: Saat (2, 6, 10 saat) Varyasyon katsayısı:

Tablo sonuçlarına göre, liflere paralel basınç direncinde istatistiksel olarak sıcaklığın ve saatin önemli olduğu, sıcaklık-saat ikili etkileşiminin ise sadece matematiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir ($\alpha=0,05$).

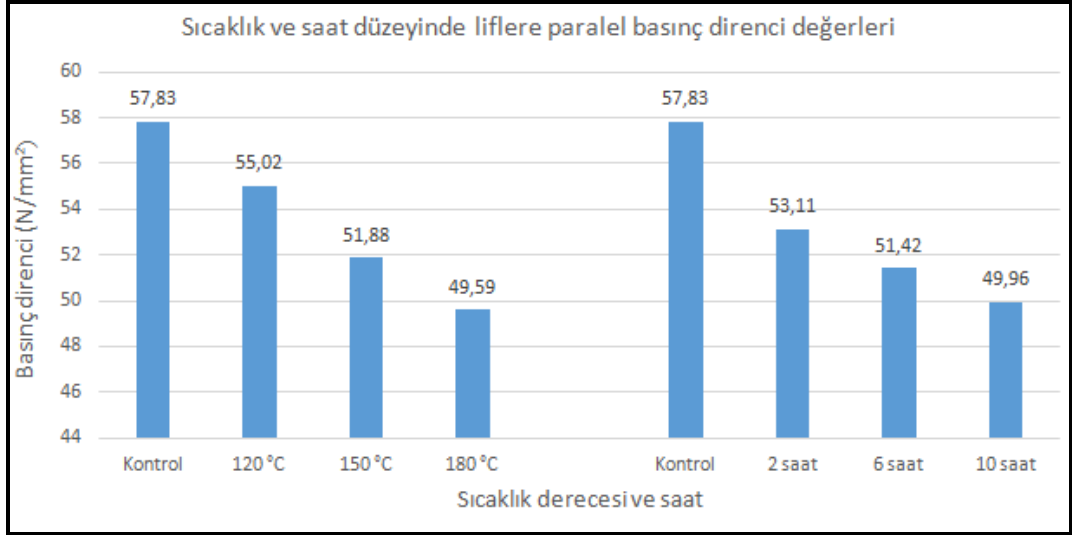
Sıcaklık ve saat düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 20.'de ve bununla ilgili grafik Şekil 28.'de verilmiştir.

Çizelge 20. Sıcaklık ve saat düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerleri ikili karşılaştırma sonuçları

Sıcaklık (°C)	Ortalamalar		Saat	Ortalamalar	
	X	HG		X	HG
Kontrol	57,83*	A	Kontrol	57,83*	A
120	55,02	B	2 saat	53,11	B
150	51,88	C	6 saat	51,42	C
180	49,59	D	10 saat	49,96	D

Duncan : 0.050 X: Ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek liflere dik eğilme direnci değeri LSR: 2,54

Kontrol örneklerinin ısı işlem gören örneklere göre hem sıcaklık hem de saat düzeyinde daha dirençli olduğu tespit edilmiştir. Kontrol örneklerine göre sıcaklık ve saat arttıkça direnç azaldığı görülmüştür.



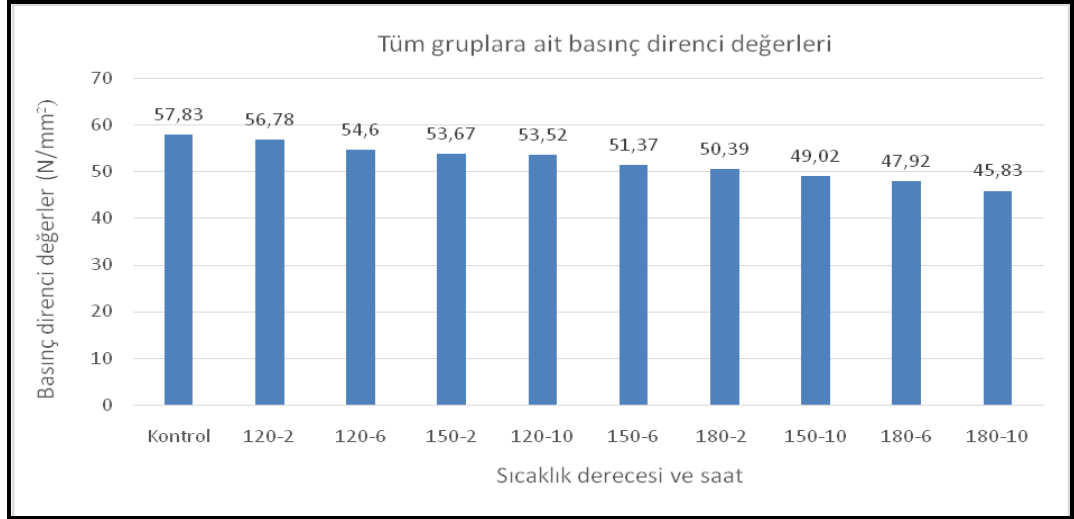
Şekil 28. Sıcaklık ve saat düzeyinde liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm²)

Deney örnekleri gruplarının tamamının bir arada görüldüğü liflere paralel basınç direnci değerleri ortalamaları ve homojenlik gruplarının durumu Çizelge 21.'de bununla ilgili bulgular Şekil 29.' da görülmektedir.

Çizelge 21. Tüm gruplara ait ortalamalar ve homojenlik dağılımı

Sıcaklık (°C) / Süre (Saat)	Ortalamalar		Kontrole göre % değişim
	X	HG	
Kontrol	57,83*	A	-
120 /2	56,78	A	(-1,82)
120 /6	54,60	B	(-5,59)
120 /10	53,67	B	(-7,19)
150 /2	53,52	B	(-7,45)
150 /6	51,37	C	(-11,17)
150 /10	50,39	D	(-12,87)
180 /2	49,02	E	(-15,23)
180 /6	47,92	E	(-17,14)
180 /10	45,83	F	(-20,75)

Duncan : 0.050 X: Ortalama HG: Homojenlik grubu*: En yüksek liflere dik eğilme direnci değeri LSR: 0,15



Şekil 29. Tüm gruplara ait liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm²)

4.3. Çürüklük Testi

Bu bölümde ağaç malzemenin beyaz çürüklük (*Trametes versicolor*) ve kahverengi çürüklük (*Postia plecenta*) mantarlarına karşı direnci test edilmiştir.

4.3.1. Beyaz çürüklük (*Trametes versicolor*)

Deney örneklerinin beyaz çürüklük (*Trametes Versicolor*) mantarına ilişkin ağırlık kayıpları ölçümleri ortalama değerleri Çizelge 22.'de verilmiştir.

Çizelge 22. Beyaz çürüklük mantarının sebep olduğu ağırlık kaybı ortalamaları (%)

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	Ortalama (X) (%)	Std. Sp.	Kontrole göre % değişim
Kontrol	Kontrol	26,94	3,41	-
120	2	20,61	1,05	(-23,50)
120	6	18,56	0,86	(-31,11)
120	10	17,49	1,13	(-35,08)
150	2	19,45	0,61	(-27,80)
150	6	17,03	1,67	(-36,79)
150	10	15,53	1,64	(-42,35)

Çizelge 22. (devam)

180	2	17,59	1,59	(-34,71)
180	6	11,45	0,57	(-57,50)
180	10	7,55	1,73	(-71,97)

X: Ortalama ağırlık kaybı değeri (%) *: Ağaç malzemenin en yüksek ağırlık kaybı değeri (%)

Isıl işlem görmeyen (kontrol) ve Isıl işlem gören deney örneklerinin beyaz çürüklük mantarına maruz bırakılması sonucu ortalama ağırlık kaybı değerleri farklı bulunmuş olup en yüksek değerin kontrol örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılaşmaya sebep olan faktörleri belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 23.' de verilmiştir.

Çizelge 23. Beyaz çürüklük mantarına direnç ile ilgili çoklu varyans analizi

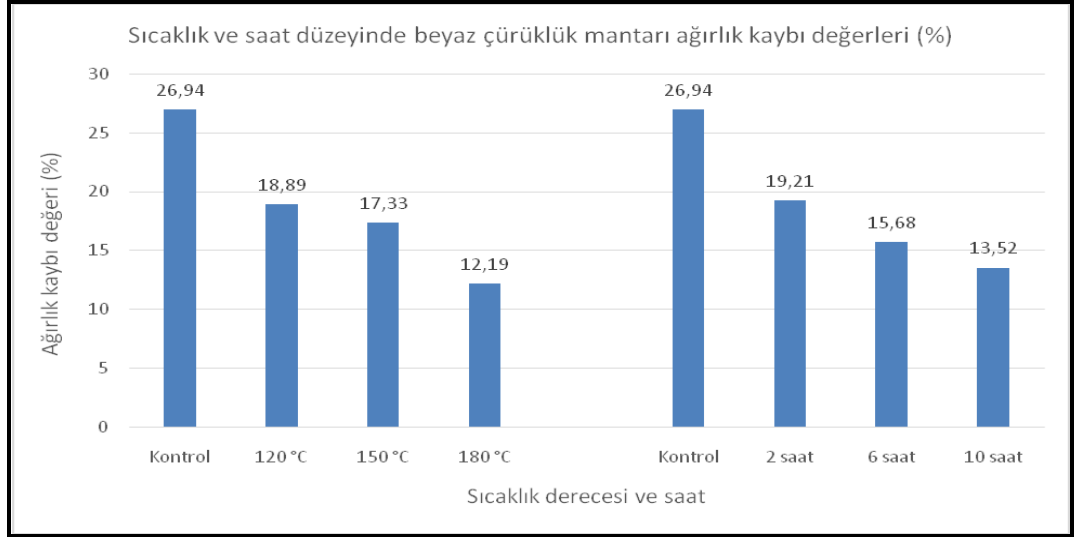
Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi %5
Faktör A	367,95	2	183,97	69,60	0,000
Faktör B	247,81	2	123,91	46,87	0,000
A*B	72,60	4	18,15	6,87	0,000
Hata	105,74	40	2,64		
Toplam	16151,75	50			

Faktör A: Sıcaklık (120°C, 150°C, 180°C), Faktör B: Saat (2, 6, 10 saat) Varyasyon katsayısı:

Tablo sonuçlarına göre, ağaç malzemenin beyaz çürüklük mantarına karşı direncinde istatistiksel olarak tüm faktörlerin (sıcaklık, saat ve sıcaklık-saat ikili etkileşimi) önemli olduğu tespit edilmiştir ($\alpha=0,05$). Sıcaklık ve saat düzeyinde beyaz çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 24.'de verilmiştir. Bununla ilgili grafik Şekil 30.'da verilmiştir.

Çizelge 24. Sıcaklık ve saat düzeyinde beyaz çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri

Sıcaklık (°C)	Ortalamalar		Süre/Saat	Ortalamalar	
	X	HG		X	HG
Kontrol	26,94*	A	Kontrol	26,94*	A
120	18,89	B	2 saat	19,21	B
150	17,33	C	6 saat	15,68	C
180	12,19	D	10 saat	13,52	D



Şekil 30. Sıcaklık ve saat düzeyinde beyaz çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri (%)

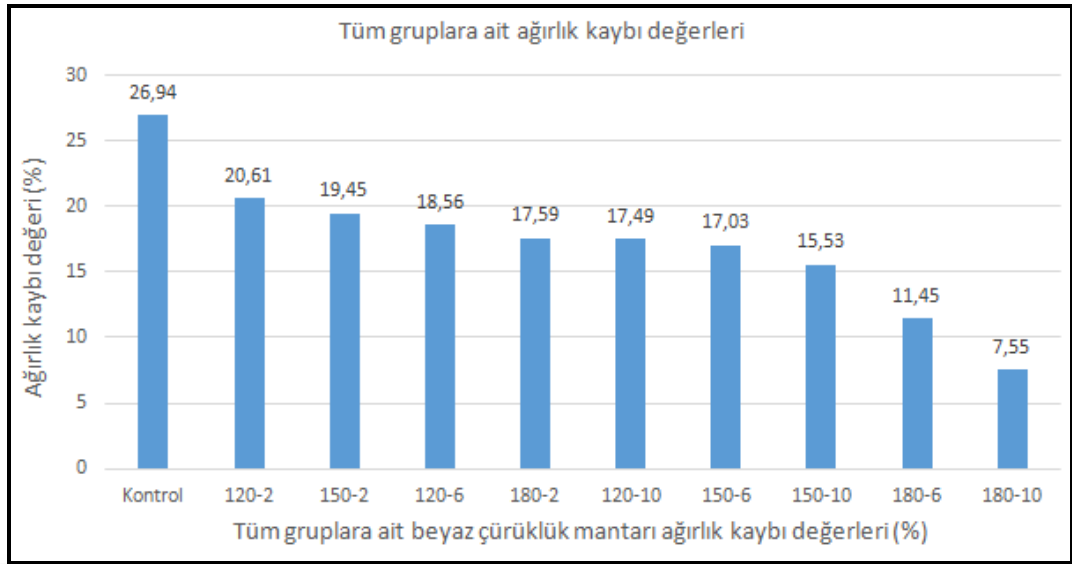
Kontrol örneklerinin ısı işlem gören örneklere göre hem sıcaklık hem de saat düzeyinde daha fazla ağırlık kaybına uğradığı tespit edilmiştir. Beyaz çürüklük mantarına karşı dirençte, ısı işlem gören örneklerin sıcaklık ve saati arttıkça daha dirençli olduğu görülmüştür.

Deney örnekleri gruplarının tamamının bir arada görüldüğü beyaz çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri ortalamaları ve homojenlik gruplarının durumu Çizelge 25.'de bununla ilgili bulgular Şekil 31.'de görülmektedir.

Çizelge 25. Tüm gruplara ait ortalamalar ve homojenlik dağılımı

Sıcaklık (°C) / Süre	Ortalamalar		Kontrole göre % değişim
	X	HG	
Kontrol	26,94	A	-
120 /2	20,61	B	(-23,50)
120 /6	18,56	BC	(-31,11)
120 /10	17,49	B-D	(-35,08)
150 /2	19,45	C-E	(-27,80)
150 /6	17,03	C-E	(-36,79)
150 /10	15,53	DE	(-42,35)
180 /2	17,59	E	(-34,71)
180 /6	11,45	F	(-57,50)
180 /10	7,55	G	(-71,97)

Duncan : 0.050 X: Ortalama HG: Homojenlik grubu*: En yüksek ağırlık kaybı değeri (%) LSR: 0,10



Şekil 31. Tüm gruplara ait beyaz çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri (%)

4.3.2. Kahverengi çürüklük mantarı (*Postia plecenta*)

Deney örneklerinin kahverengi çürüklük (*Postia plecenta*) mantarına ilişkin ağırlık kayıpları ölçümleri ortalama değerleri Çizelge 26.'da verilmiştir.

Çizelge 26. Kahverengi çürüklük mantarının sebep olduğu ağırlık kaybı ortalamaları (%)

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	Ortalama (X) (%)	Std. Sp.	Kontrolle göre % değişim
Kontrol	Kontrol	33,20*	5,23	-
120	2	25,48	1,42	(-23,25)
120	6	23,54	1,01	(-29,10)
120	10	21,15	1,04	(-36,30)
150	2	24,02	1,26	(-27,65)
150	6	17,47	4,48	(-47,38)
150	10	16,10	1,27	(-51,51)
180	2	21,96	1,22	(-33,86)
180	6	13,94	0,63	(-58,01)
180	10	8,96	1,41	(-73,01)

X: Ortalama ağırlık kaybı değeri (%) *: Ağaç malzemenin en yüksek ağırlık kaybı değeri (%)

Isıl işlem görmeyen (kontrol) ve ısıl işlem gören deney örneklerinin kahverengi çürüklük mantarına maruz bırakılması sonucu ortalama ağırlık kaybı değerleri farklı bulunmuş olup en yüksek değer kontrol örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılaşmaya sebep olan faktörleri belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 27.' de verilmiştir

Çizelge 27. Kahverengi çürüklük mantarına direnç ile ilgili çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi %5
Faktör A	936,17	2	468,09	79,94	0,000
Faktör B	241,40	2	120,70	20,61	0,000
A*B	20,03	4	5,01	0,86	0,499
Hata	234,22	40	5,86		
Toplam	23490,75	50			

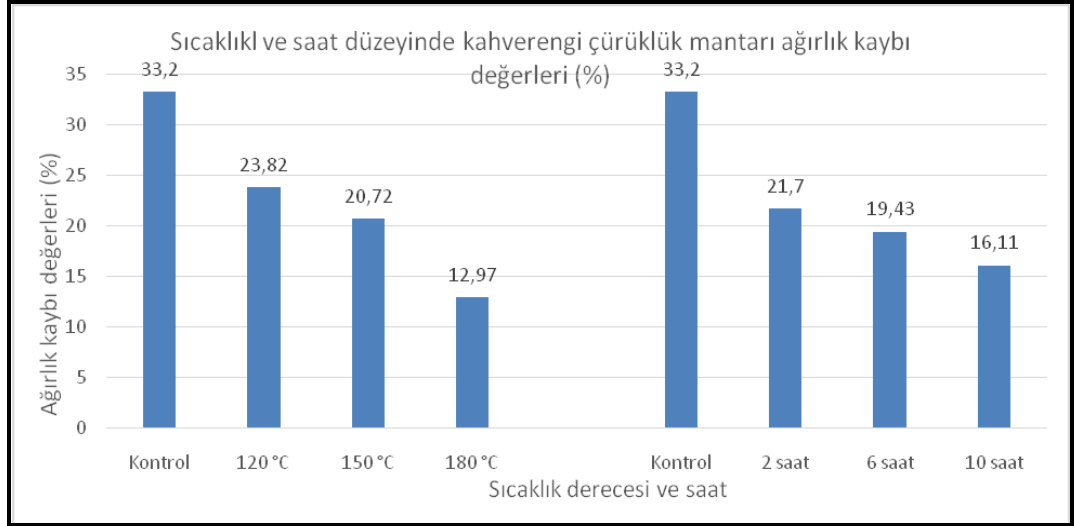
Faktör A: Sıcaklık (120°C, 150°C, 180°C), Faktör B: Saat (2, 6, 10 saat) Varyasyon katsayısı:

Tablo sonuçlarına göre, ağaç malzemenin kahverengi çürüklük mantarına karşı direncinde istatistiksel olarak sıcaklık, saat faktörlerin, sıcaklık-saat ikili etkileşimi ise sadece matematiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($\alpha=0,05$).

Sıcaklık ve saat düzeyinde kahverengi çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 28.'de ve bununla ilgili bulgular Şekil 32.'de verilmiştir.

Çizelge 28. Sıcaklık ve saat düzeyinde kahverengi çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri ikili karşılaştırma sonuçları (%)

Sıcaklık (°C)	Ortalamalar		Süre (Saat)	Ortalamalar	
	X	HG		X	HG
Kontrol	33,20*	A	Kontrol	33,20*	A
120	23,82	B	2 saat	21,70	B
150	20,72	C	6 saat	19,43	B
180	12,97	D	10 saat	16,11	C



Şekil 32. Sıcaklık ve saat düzeyinde kahverengi çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri (%)

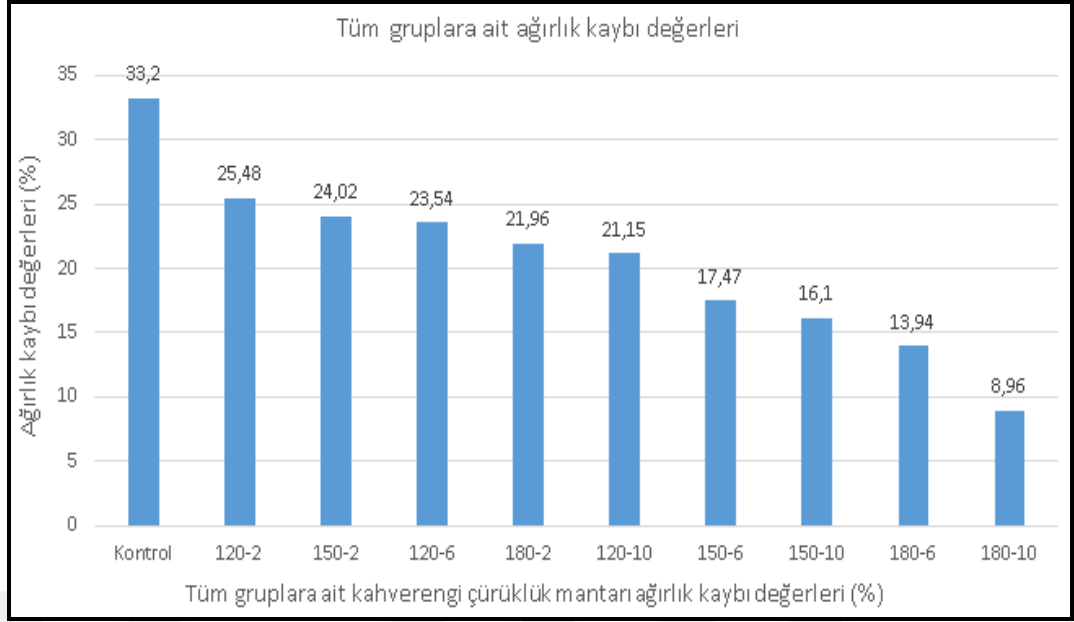
Kontrol örneklerinin ısı işlem gören örneklere göre hem sıcaklık hem de saat düzeyinde daha fazla ağırlık kaybına uğradığı tespit edilmiştir. Kahverengi çürüklük mantarına karşı dirençte, ısı işlem gören örneklerin sıcaklık ve saati arttıkça daha dirençli olduğu görülmüştür.

Deney örnekleri gruplarının tamamının bir arada görüldüğü kahverengi çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri ortalamaları ve homojenlik gruplarının durumu Çizelge 29.'da bununla ilgili bulgular Şekil 33.'de görülmektedir.

Çizelge 29. Tüm gruplara ait ortalamalar ve homojenlik dağılımı

Sıcaklık (°C) / Süre	Ortalamalar		Kontrole göre % değişim
	X	HG	
Kontrol	33,20*	A	-
120 /2	25,48	B	(-23,25)
120 /6	23,54	BC	(-29,10)
120 /10	21,15	BC	(-36,30)
150 /2	24,02	C	(-27,65)
150 /6	17,47	C	(-47,38)
150 /10	16,10	D	(-51,51)
180 /2	21,96	DE	(-33,86)
180 /6	13,94	E	(-58,01)
180 /10	8,96	F	(-73,01)

X: Ortalama ağırlık kaybı değeri (%)*: Ağaç malzemenin en yüksek ağırlık kaybı değeri (%)



Şekil 33. Tüm gruplara ait kahverengi çürüklük mantarı ağırlık kaybı değerleri (%)

5. SONUÇ ÖNERİLER

Isıl işlem uygulanan deney örneklerinin ısı işlem uygulanmayan (kontrol) örneklerine göre sıcaklık derecesi ve süreye bağlı olarak yoğunluklarının düştüğü, yani en yüksek yoğunluğun kontrol örneklerinde ($0,51 \text{ gr/cm}^3$) , en düşük yoğunluğun ise 180°C ' de 10 saat işlem gören ($0,38 \text{ gr/cm}^3$) deney örneklerinde olduğu görülmüştür. Deney örneklerine uygulanan sıcaklık ve maruziyet süresi arttıkça yoğunluğun azaldığı tespit edilmiş olup, yoğunluğun önemli olduğu yerlerde kullanılacak olan ağaç malzemenin çok yüksek sıcaklığa ve ısı işlem süresine maruz bırakılmaması gerekmektedir. Literatür çalışmalarında benzer sonuçlara rastlanmıştır. Bu çalışmalarda; ısı işlem uygulanmış ağaç malzemede sıcaklık artışı ile birlikte hava kurusu ve tam kuru yoğunluklar tüm deney gruplarında azalmıştır. ısı işleme tabi tutulan örneklerde yoğunluklarda meydana gelen düşüşlerin, başta hemiselüloz olmak üzere selüloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin ısı işleme birlikte ağaç malzemedan uzaklaşarak kütle kayıplarına neden olması ve daha az higroskopik olan ağaç malzemede denge rutubet miktarının azalmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Perçin vd ., 2010).

Çalışmada, ısı işlem uygulanan deney örneklerinin ısı işlem uygulanmayan (kontrol) örneklerine göre sıcaklık derecesi ve süreye bağlı olarak liflere dik eğilme direnci değerlerinin düştüğü, yani en yüksek liflere dik eğilme direnci değeri kontrol örneklerinde (84 N/mm^2) , en düşük liflere dik eğilme direnci değerinin ise 180°C sıcaklık altında 10 saat işlem gören ($65,88 \text{ N/mm}^2$) deney örneklerinden elde edildiği, tespit edilmiştir. Deney örneklerine uygulanan sıcaklık ve maruziyet süresi arttıkça liflere dik eğilme direnci değerinin de azaldığı görülmüş olup, liflere dik eğilme direncinin önemli olduğu yerlerde mesela, ahşap evlerin taşıyıcı sistemleri ve diğer mobilya unsurlarının taşıyıcı sistemlerinde kullanılmasının uygun olmayacağı bu tür yüklere maruz ağaç malzemenin yüksek sıcaklık derecesi ve süresinde kalmış malzemedan seçilmemesi önerilebilir. Bu durum diğer literatür çalışmalarıyla uyum göstermektedir (Viitaniemi,1997), Çam odunu kullanılarak yaptığı çalışmasında $180-250^\circ\text{C}$ sıcaklıklarda su buharı koruması altında ısı işleme tabi tutulan çam odununda

ısıtılma işlemine uğramış numuneler ile kontrol örnekleri karşılaştırıldığında belli oranda eğilme direnci kayıplarının olduğunu ortaya koymuştur.

Isıl işlem uygulanan deney örneklerinin ısıtılma işlemi uygulanmayan (kontrol) örneklerine göre sıcaklık derecesi ve saate bağlı olarak elastikiyet modülü testlerinde deney örneklerinin elastikiyet modülü değerlerinin kontrol örneklerine göre arttığı en yüksek değerin 180°C ve 10 saat ısıtılma işlemi görmüş (10599,44 kg/cm²) , en düşük değerin ise kontrol örneklerinde (9141,30 kg/cm²) olduğu görülmüştür. Literatürde farklı sıcaklıklarda ve sürelerde ısıtılma işlemine maruz bırakılan çam ve kayın diri odunlarında yapılan deneysel incelemelerde özellikle her iki ağaç türünde 150°C ve üzerindeki sıcaklıklarda eğilmede elastikiyet modülünde bir azalmanın meydana geldiği belirtilmiştir (Schneider, 1971).

Liflere paralel basınç direnci örneklerinde test sonuçlarına göre, ısıtılma işlemine maruz kalan örneklerin kontrol örneklerine göre liflere paralel basınç direnci değerinin azaldığı tespit edilmiş, en yüksek basınç değerinin kontrol örneklerinde olduğu (57,84 N/mm²) , en düşük basınç değerinin ise 180°C ve 10 saat ısıtılma işlemi görmüş deney örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sebepten dolayı mekanik özelliklerin önemli olduğu yerlerde kullanılacak ağaç malzemesinde bu durum göz önünde tutulmalıdır.

Çürüklük testlerinde, beyaz çürüklük mantarına karşı ağırlık kayıplarının en yüksek kontrol örneklerinde olduğu görülmüş olup (% 26,95), en düşük ağırlık kayıplarının ise 180°C ye 10 saat ısıtılma işlemi görmüş örneklerde (% 7,55) olduğu tespit edilmiştir. Kahverengi çürüklük mantarına karşı ağırlık kayıplarının ise en yüksek kontrol örneklerinde olduğu (% 33,20), en düşük ağırlık kayıplarının 180°C ye 10 saat ısıtılma işlemi görmüş örneklerde (% 8,90) olduğu görülmüştür. Konuyla ilgili olarak literatürde, sıcaklık ve muamele süresinin artması ile tahrip edici mikroorganizmalara karşı ahşabın biyolojik olarak dayanımının arttığı gözlenmiştir (Fengel ve Wegener, 1989).

KAYNAKLAR

- Akgün, K. (2008) Lamine Edilmiş Kestane Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikler Üzerine Tanen Ve Isıl İşlem Etkinlikleri, Yük. Lis. Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akkılıç, H., Kaymakçı A., Ünsal Ö. (2014) Isıl işlem uygulanmış ahşap malzemenin dış cephe kaplaması olarak değerlendirilme potansiyeli, 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş – İstanbul.
- Altınok , A., Perçin, O., Doruk, Şemsettin. (2010) Isıl İşlemin (Thermo-Process) Ağaç Malzemenin Teknolojik özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, sayı 23, Aralık 2010.
- Anonim. (1994) Sarıçam, Ormanlık Araştırma Enstitüsü, El Kitapları Dizisi: 7, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Sinem Ofset, Ankara.
- Anonim. (2003) ThermoWood Derneği (International Thermowood Association - ITWA), Thermowood el kitabı.
- Anonim. (2015) <http://yusuf82topal.blogcu.com/agacin-sert-ve-dayanikli-yapisi-nasil-olusur/7171247>.
- Anşin, R. (2001) Tohumlu Bitkiler: Gymnospermae (Açık Tohumlular), I. Cilt, III. Baskı, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 22, Fakülte Yayın No: 15, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 296 s.
- Artel, T. (1969) Yapı Malzemesi, Osman Yalçın Matbaası, İstanbul. 496 s.
- Atalay, İ., Tetik, M., ve Yılmaz, Ö. (1985) Kuzeydoğu Anadolu'nun Ekosistemleri. Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi 141. Ankara.
- Ayadi, N., Lejeune, F., Charrier, F., Charrier, B. and Merlin, A. (2003) Color stability of heat-treated wood during artificial weathering, Germany. Holz als Roh-und Werkstoff 61(3), 221–226.

- Ayan, S. Ciritlioğlu, (2012) H.H İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, Cilt 1, No 1, 35-46, 2012.
- Aydemir, G., Gündüz. (2009) Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekaniksel ve biyolojik özellikleri üzerine ısıyla muamelenin etkisi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi 2009, Cilt: 11, Sayı: 15, 71-81.
- Bekhta, p. ve Niemz, P. (2003) Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of Spruce wood, *Holzforchung* 57,539-546.
- Bourgois vd. (1998) ve(Tjeerdsma ve ark., 1998)(Bourgois, J.; Bartholin, M.C.; Guyennet, R. 1998).Thermal Treatment of Wood: analysis of the obtained product. *Wood Science and Technology* 23(4): 303-310.).
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N. (1993) Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi Yayını, Yayın No:3779, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Erdin, N. (2000) Odun anatomisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Brelid, P.L., Simonson, R., Bergman, Ö., Nilsson, T. (2000) "Resistance of Acetylated Wood to Biological Degradation", *Holz als Roch und Wekstoff*, 58: 331-337.
- Davis, P.H., (1965). *Flora of Turkey and East Aegean Islands, Volume I*, Edinburgh.
- Dizman, E. (2005) Kimyasal Modifikasyonun Kızıllağaç ve Ladin Yonga levhalarında Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklere Etkisi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yük. Lis. Tezi, Trabzon.
- Dizman,E.,Yıldız,Ü.C. (2010) Odunun Kimyasal Modifikasyonu. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, 61080 Trabzon, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi. Cilt: IV Sayfa: 1681-1690.
- Doruk,Ş., Altınok, M.,Perçin.,O. (2010) Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, 14-3(2010),262-270.

- Edlundl M L and Jermer J (2004) Durability Of Heat-Treated Wood, Final Workshop COST Action E22-Enviromental Optimisation of Wood Protection, Lisboa-Portugal, s.56.
- Erten, P. (1988) Ağaç Malzemedden Yapılacak Binalarda Çürümeye Karşı Alınması Gereken Önlemler, Ahşap Malzemenin Korunması Sempozyumu, Milli Produktivite Yayınları No:338, Ankara, s.75-88.
- Erten, P., Sözen, R. (1995) Karakavak (*Populus nigra* 56/52) ve Melez kavak (*Populus euroarnericana* 1.214) Odununun Çeşitli Yöntemlerle Emprenyesi Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten, No: 251.
- Esteves, B., Pereira, H. (2009) Wood modification by heat treatment a review, *Bioresources*, 4 (1), 370-404.
- Fengel, D. and Wegener, G. (1989) *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter De, Germany,p.76
- Gündüz, G., Niemz, P., and Aydemir, D. (2008) Changes in specific gravity and equilibrium moisture content in heat-treated fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bormmulleriana* Mattf.) wood, Thailand. *Drying Technology* 26 (9), 1135 – 1139.
- Hill, CAS (2006) *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes*, Wiley Series in Renewable Resources, John Wiley & Sons Inc., 260 pages, Chichester, UK. ISBN: 978-0-470-02172-9.
- Hillis, W.E. (1984) High Temperature And Chemical Effects On Wood Stability, *Wood Science and Technology*, 18, 281–93.
- İlhan, R. (1990) Türkiye'nin ekonomik bakımdan önemli bazı ağaç trahidlerinin emprenyesine ait araştırmalar Ormancılık Araştırma Enstitüsü Orman Mahsulleri Şubesi Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi No: 56 1990.
- Jieying., W. (1999) Thermal modification of wood presented by jieying wang supervised by dr. p.Cooper faculty of forest university of Toronto.

- Johansson, D. (2005) Drying and Heat Treatment of Wood: Influences on Internal Checking, Proceedings 3rd Nordic Drying Conference, Karlstad, Sweden.
- Johansson, D., T. Moren. (2006) The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood. Holz als Roh- und Werkstoff 64.104-110.
- Kanat, M. (2000) KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 2000, Cilt 3, Sayı 2.
- Kantay, R. (1993) Kereste Kurutma Ve Buharlama. Ormancılık Eğitim Ve Kültür Vakfı Yayını No. 6, İstanbul.
- Karaman,Ö.,Zeren,M.T. (2010) DEÜ Mühendislik fakültesi mühendislik bilimleri Geleneksel Türk Konutunda Kullanılan ve Kâgir Sistemi Destekleyen Ahşap Yapısal Elemanların Önemi ve Bozulma Nedenleri dergisi cilt: 12 sayı: 2 sh. 75-87 Mayıs 2010.
- Kayacık, H. (1965) Orman ve park ağaçlarının özel sistematığı. İstanbul üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul.
- Kitahara, K., Chugenji, M., (1951). Effects of Heat Treatment On The Mechanical Properties of Wood, Japanese Forest Society, 33, 414-419.
- Kol, Ş. H. (2010) Characteristics of heat-treated Turkish pine and fir wood after ThermoWood processing”, Journal of Environmental Biology, 31: 1007-1011(2010).
- Korkut S and Bektas (2008) The Effects of Heat Treatment on Physical Properties of Uludağ Fir (Abies bornmuelleriana Mattf.) and Scots Pine (Pinus sylvestris L.) Wood, Forest Products Journal, 58 (3): 95-99.
- Korkut, S., Kocaefe, D. (2009) Isıl İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi Düzce Üniversitesi, Ormancılık Dergisi cilt:5, Say:2, Sayfa:11-34.
- McDonald, A. G., Dare, P. H., Gifford, J. S., Steward, D. and Riley, S. (2002) Assessments of air emissions from industrial kiln drying of Pinus radiata wood, Germany. Holz als Roh-und Werkstoff, 60, 181-190.

- Mertol, E. (2005) Orman Yangınlarının Dünyadaki ve Türkiye'deki Durumu, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi Yıl: 2005 Cilt:7 Sayı:7
- Militz, H., Tjeerdsma, B. (2001) Review on Heat Treatments of Wood, Cost Action E 22, 9 February, France, 23-33.
- Nicholas, D. (1973) Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. Volume 1: Degradation and protection of wood. Syracuse University Press, New York (380 pp)
- Odabaş, Z. (1999) Asetillendirmenin Orta Yoğunluktaki Lif Levha (MDF)'nin Özelliklerine Etkisi. Yük. Lis. Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Özçiğçi, A., Altun, S., Yapıcı, F. (2009) Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs.
- Perçin, O., Doruk, Ş. (2010) 2000 Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic Cilt:13 Sayı: 2 s. 143-150, 2010 Vol: 13 No: 2 pp. 143-150, 2010.
- Ridout, B. (2004) Timber Decay in Buildings: The Conservation Approach to Treatment, Spon Press, London.
- Roughness Of Heat-Treated Turkish River Red Gum (Eucalyptus Camaldulensis), Journal of Wood Science, 51, 405-409.
- Rowell, R.M., (1997) Treatments that enhance physical properties of wood, U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL-50, 1987.
- Rozsa, M.E., Fortes M.A. (1989) Effects of Water Vapour Heat on Structure and Properties of Cork, Wood Science Technology, 23, 1989, 27-34.
- Schneider, A. (1971) Investigations on the Influence of Heat Treatment in the temperature Range 100-200°C on modulus of Elasticity, Holz Roh-u Werkstoff, 29(11): 431-440.

- Syrjänen, T., Oy. (2001) Review on Heat Treatments of Wood, Cost Action E 22, 9 February, France, 7-15.
- Tjeerdsma, B, F., Militz, H. (2005) Chemical Changes İn Hydrothermal Treated Wood: FTIR Analysis Of Combined Hydrothermal And Dry Heattreated Wood, Holz als Rohund Werkstoff, 63, 102–111.
- Toker, R. (1960) Batı Karadeniz sarıçamının teknik vasıfları ve kullanma yerleri hakkında araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Ankara. 92.
- TS 2472. (1976) Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyleer İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini, T.S.E., Ankara.
- TS 2474. (1976) Odunun Statik Eğılme Dayanımının Tayini, T.S.E., Ankara, s. 25.
- TS 2595. (1977) Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımının Tayini, T.S.E., Ankara, s. 24.
- TS EN 113 EN 113 Wood preservatives. Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes. Determination of the toxic values
- TS EN 310. (1997) Ahşap Esaslı Levhalarda Eğılme Dayanımı ve Eğılme Elastiklik Modülünün Tayini, T.S.E., Ankara, s. 35.
- TS EN 326. (1999) Ahşap Esaslı Levhalarda Numune alınması ve Deneyle Parçalarının Hazırlanması, T.S.E., Ankara, s. 43.
- Tsoumis,1991;Eaton ve Hale 1993 (Tsoumis G.T.(1991):Science and technology of wood structure , propesties and utulisation. Van Nostrand Reinhold, New York,(494,pp).
- Tutuş, A.,Kurt, R., Alma, H., Meriç, H. (2010) Sarıçam Odununun Kimyasal Analizi ve Termal Özellikleri . Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20-22 Mayıs 2010 Cilt: V Sayfa: 1845-1851.

- Ünsal, Ö., Ayrılmış, N. (2005) Variations in Compression Strength And Surface Structures. USDA, For. Serv. Gen. Tech. Report FPL-GTR-94, Madison, WI. pg. 178-185.
- Viitaniemi, P. (1997) Decay-resistant Wood Created in a Heating Process, industrial Horizons, 23: 77-85.
- Winandy, J. E. (1996) Effects of Treatments, Incising, and Drying on Mechanical properties of Timber. In: Proc. of National Conf. on Wood Transportation
- Yalınkılıç, M.K. (1990) Odun Zararlıları 1. Bölüm, KTÜ Orman Fakültesi, No:39, Trabzon.
- Yazıcı, H. (2005) ZKÜ Bartın, Orman Fakültesi Dergisi, Yıl: 2005 Cilt:7 Sayı:8.(Hillis, W.E. (1984) High Temperature And Chemical Effects On Wood Stability, Wood Science and Technology, 18, 281–93.
- Yıldız, S. (2002a) Physical, Mechanical, Technological and Chemical Properties of *Fagus orientalis* and *Picea orientalis* Wood Treated by Heat, PhD Thesis, Blacksea Technical University, Trabzon, Turkey, p.245.
- Yıldız, S. (2002b) Isıl işlem uygulanan Doğu kayını ve Doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. K.T.Ü., Doktora Tezi, 245s, Trabzon.
- Yıldız, S. and Gümüşkaya, E. (2007) The Effects of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hard wood, Buildings and Environment 42 (1) 62–67.
- Zabel, R.A., Morrell, J.J. (1992) Wood Mycology, Academic Press, London. Winandy, J. E. (1996) Effects of Treatment, Incising, and Drying on Mechanical Properties of Timber, Forest Products Laboratory, USDA Forest Service, pp.9.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Emrah SANCAR
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi: Kütahya- 29/06/1979
Medeni Hali : Evli
Telefon : 0 542 899 6886
E-posta : sancar-45-@hotmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Simav Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	1996
Lisans	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	2004
Yüksek Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaççşleri Endüstri Mühendisliğı	2016

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon/görev
2006-2011	Rize/Çayeli	Mobilya Dek. Öğretmeni
2011-2012	Lüleburgaz/Kırklareli	Mobilya Dek. Öğretmeni
2012-2013	Soma/Manisa	Mobilya Dek. Öğretmeni
2013-2016	Menteşe/Muğla	Mobilya Dek. Öğretmeni

Yabancı Diller

Dil (İngilizce)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma		X	
Konuşma	X		
Anlama	X		
Okuma		X	