

**FARKLI ÜST YÜZEY MALZEMELERİ İLE KAPLANAN
AĞAÇ MALZEMELERİN YANMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Sabır ERTEKİN

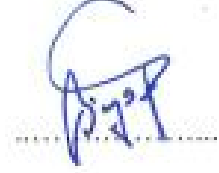
**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ocak 2013**

Sabır ERTEKİN tarafından hazırlanan "FARKLI ÜSTYÜZEY MALZEMELERİ İLE KAPLANAN AĞAÇ MALZEMELERİN YANMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylım.

Prof. Dr. Burhanettin UYSAL

Tez Danışmanı, Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı



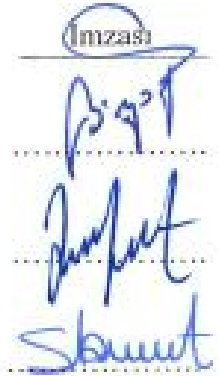
Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 18/ 01/ 2013

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Prof. Dr. Burhanettin UYSAL (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Sezayi YILMAZ (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Şeref KURT (KBÜ)

İmzası


...../...../2013

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



"Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim."



Sabur ERTEKİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI ÜST YÜZEY MALZEMELERİ İLE KAPLANAN AĞAÇ MALZEMELERİN YANMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Sabır ERTEKİN

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Burhanettin UYSAL

Ocak 2013, 91 sayfa

Ağaç malzeme insanların kullandığı çeşitli yapı malzemeleri içerisinde en eski olanlardandır. Çağımızın getirdiği teknik yeniliklere ve çok sayıda yeni malzemenin var olmasına rağmen sahip olduğu üstün özellikleri nedeniyle günümüzde de önemini korumaktadır. Ağaç malzeme bu özellikleri yanı sıra istenmeyen bazı özelliklere de sahiptir. Bunlardan en önemli olanı yanmasıdır. Ağaç malzeme bileşiminde karbon ve hidrojen içermesi nedeniyle yanmaya müsaittir. Ağaç malzemenin yanma özelliklerinin belirlenmesi, yapıda kullanım yeri ve amacına uygunluk bakımından önemlidir.

Bu çalışmada Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin ağaçlarından elde edilen deney örnekleri çeşitli üst yüzey işlemlerine maruz bırakıldıktan sonra ASTM-E 69 esaslarına göre yanma özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, ağaç malzemelere,

ecelak boya, sayerlak boya ve nano vernik gibi yangın geciktiricili üst yüzey malzemeleri ile üst yüzey işlemleri uygulanmıştır. Taslaklar hava kurusu rutubette (%12) ve 9x19x1016 mm boyutlarında hazırlandıktan sonra üst yüzey işlemleri uygulanmıştır. Örneklerin tam kuru özgül ağırlıkları, hava kurusu özgül ağırlıkları, katman kalınlığı miktarları ve ASTM-E 69 esaslarına göre yanma değerleri belirlenmiştir. Deneilerde; tam kuru özgül ağırlık (g/cm^3), hava kurusu özgül ağırlık (g/cm^3), vernik katman kalınlıkları (μm), ağırlık kaybı (%), açığa çıkan O_2 (%), CO (ppm) ve NO (ppm), üst sıcaklık ve baca sıcaklığı değerleri ($^{\circ}C$) belirlenmiştir.

Yanma deneileri sonunda; en düşük ağırlık kaybı Doğu Kayını ağaç malzemenin ecelak boyalı örneklerinde, en yüksek üst sıcaklık ve baca sıcaklığı değeri Doğu Kayını ağaç malzeme kontrol örneklerinde, en düşük O_2 miktarı Doğu Kayını ağaç malzeme kontrol örneklerinde, en yüksek CO miktarı Doğu Kayını ağaç malzeme kontrol örneklerinde, en yüksek NO değeri Sarıçam ağaç malzemenin ecelak boyalı örneklerinde tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Ağaç malzeme, üst yüzey, vernik, yanma.

Bilimsel Kod : 711.3.023

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF COMBUSTION PROPERTIES OF WOOD MATERIALS COVERED WITH DIFFERENT FINISHING MATERIALS

Sabır ERTEKİN

Karabük University

Graduated of School Natural and Applied Sciences

Department of Furniture and Decoration Education

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Burhanettin UYSAL

January 2013, 91 pages

Wood material is among the oldest building material that people used. Although there are lots of new techniques and various building materials, it is still very important in terms of its excellent features. Besides these features, wooden material has also some disadvantages. Among these disadvantages, the important one is combustion. It is tend to combustion since wooden material includes carbon and hydrogen in its blend. Defining the features of wooden material is important in terms of its field of usage and purpose.

In this study, the samples obtained from pine, beech and spruce woods were studied in terms of their combustion qualities in accordance with the principles presented in ASTM-E-69 standards after those samples were exposed to impregnating and upper-surfacing processes. Ecelack paint, sayerlak paint and nano varnish fire-retardant

coatings upper surface process was applied. The drafts were impregnated under air-dry humidity (12%) and prepared with 9x19x1016 millimeter size, upper surface process was applied. Completely dry densities, air-dry thickness, impregnation retention proportions, solid substance amounts of varnish, layer thickness and the combustion values of the samples in accordance with the ASTM-E 69 principles were determined. In the experiments, completely dry densities (g/cm^3), air-dry densities (g/cm^3), varnish layer thickness (μm), weight loss (%), O_2 amount (%), CO (ppm) and NO (ppm), temperature values ($^{\circ}\text{C}$) and temperature of chimney values ($^{\circ}\text{C}$) were identified.

In combustion test, the highest value in mass reduction values was found in samples of oriental beech varnished with ecelack paint, the highest value in temperature and temperature of chimney was found in samples of oriental beech control, the lowest O_2 value in temperature was found in samples of oriental beech control, the highest CO value in temperature was found in samples of oriental beech control, the highest NO value in temperature was found in samples of oriental pine varnished with ecelack paint.

Keywords : Wood material, surface, varnish, combustion.

Scientific Code : 711.3.023

TEŞEKKÜR

“Farklı Üst yüzey Malzemeleri ile Kaplanan Ağaç Malzemelerin Yanma Özelliklerinin Belirlenmesi” isimli bu çalışma Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma akışının belirlenmesi, sorunların giderilmesi ve çalışmanın sonuçlandırılmasında büyük destek ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Burhanettin UYSAL'a teşekkürlerimi arz ederim.

Tezimi sonuçlandırmada gösterdikleri ilgi ve yardımlardan dolayı, deneylerin yapılmasında her türlü olanağı sağlayan, görüş ve önerileriyle deneylerin yapılmasında ve değerlendirilmesinde büyük katkısı olan sayın Doç. Dr. Şeref KURT’a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN’a ve Sayın Araş. Gör. Raşit ESEN’e teşekkür ederim.

Verniklerin temin edilmesinde Alligator Boya A.Ş.’ne ve Hemel A.Ş.’ne, teşekkür ederim.

Deneylerin yapıldığı Safranbolu Meslek Yüksek Okulu Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Teknik Personeline ve çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Sayın Öğr. Gör. Mehmet Nuri YILDIRIM’a teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi destekleri ile hep yanımda olan aileme ve son olarak, bu sıkıntılı yüksek lisans ve tez dönemi boyunca manevi desteğiyle hep yanımda olan eşime de sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
GENEL BİLGİLER	3
2.1. LİTERATÜR ÖZETİ	5
2.2. AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİĞİ	9
2.2.1. Termik Bozunmanın Olumsuz Yönü: Yangın	10
2.2.2. Sıcaklığın Ağaç Malzemeye Etkisi	13
2.2.3. Yangının Yapı Malzemelerine Etkileri	18
2.3. ÇALIŞMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİNE AİT GENEL BİLGİLER	20
2.3.1. Sarıçam (Pinus Sylvestris L.).....	20
2.3.2. Doğu Kayını (Fagus Orientalis L.).....	22
2.3.3. Ladin (Picea Orientalis L.)	24
BÖLÜM 3	26
MATERYAL VE METOD	26
3.1. AĞAÇ MALZEME	26
3.2. ÜST YÜZEY MADDELERİ	26

	<u>Sayfa</u>
3.2.1. Ecelak Boya	26
3.2.2. Sayerlak Boya	27
3.2.3. Nano Vernik.....	29
3.3. DENEY METODU	30
3.3.1. DeneY Örneklerinin Hazırlanması.....	30
3.3.2. Özgül Ağırlıklar	30
3.3.2.1. Hava Kuruşu Özgül Ağırlık	30
3.3.2.2. Tam Kuru Özgül Ağırlık.....	31
3.3.3. Üst yüzey işlemleri.....	31
3.3.4. Vernik Katman Kalınlığı	32
3.3.5. Yanma Deneyi.....	33
3.3.6. Baca Gazı Analizi.....	34
3.4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	35
BÖLÜM 4	36
BULGULAR	36
4.1. AĞAÇ MALZEMELERİN ÖZGÜL AĞIRLIKLARI	36
4.2. VERNİKLERİN KATMAN KALINLIKLARI.....	36
4.3. YANMA DENEYLERİNİN SONUÇLARI	37
4.3.1. Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri	37
4.3.1.1. Sarıçam Ağıaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri.....	37
4.3.1.2. Doğu Kayını Ağıaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri.....	39
4.3.1.3. Ladin Ağıaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri.....	41
4.3.2. Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri	44
4.3.2.1. Sarıçam Ağıaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri.....	44
4.3.2.2. Doğu Kayını Ağıaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri.....	46
4.3.2.3. Ladin Ağıaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri.....	48
4.3.3. Ölçülen % O ₂ Değerleri.....	51

	<u>Sayfa</u>
4.3.3.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O ₂ Değerleri	51
4.3.3.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O ₂ Değerleri	53
4.3.3.3. Ladin Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O ₂ Değerleri	55
4.3.4. Ölçülen CO Değerleri.....	58
4.3.4.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri	58
4.3.4.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri	60
4.3.4.3. Ladin Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri	62
4.3.5. Ölçülen NO Değerleri.....	66
4.3.5.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri	66
4.3.5.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri	67
4.3.5.3. Ladin Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri	69
4.3.6. Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri.....	72
4.3.6.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri.....	72
4.3.6.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri	74
4.3.6.3. Ladin Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri.....	76
BÖLÜM 5	80
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	80
5.1. SONUÇLAR	80
5.2. ÖNERİLER.....	84
KAYNAKLAR.....	85
ÖZGEÇMİŞ.....	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Yangın üçgeni.	12
Şekil 2.2. Yanma olayının ısı gelişimi.	12
Şekil 2.3. Bir alevdeki gaz ve yanma bölgeleri.	13
Şekil 2.4. Ağaç malzemede kömürleşmenin oluşumu.	14
Şekil 3.1. Komperatör.	32
Şekil 3.2. Bilgisayar kontrollü yanma düzeneği.	33
Şekil.3.3. Analiz cihazı testo t350 xl ana parçaları.	34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Ağaç malzemenin farklı sıcaklıklara gösterdiği tepkileri.....	16
Çizelge 3.1. TU 22/13 teknik özellikleri.....	28
Çizelge 3.2. TZ 2225/13 teknik özellikleri.....	28
Çizelge 4.1. Kullanılan ağaç malzemelerin özgül ağırlık değerleri (g/cm ³).....	36
Çizelge 4.2. Verniklerin ağaç malzemeler yüzeyindeki katman kalınlıkları (µm).....	37
Çizelge 4.3. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	38
Çizelge 4.4. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki % ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.5. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	40
Çizelge 4.6. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki % ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	41
Çizelge 4.7. Ladin ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	42
Çizelge 4.8. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki % ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	43
Çizelge 4.9. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün % ağırlık kaybı ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	44
Çizelge 4.10. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde üst sıcaklık ortalama değerleri (°C).....	45
Çizelge 4.11. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	46
Çizelge 4.12. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinde üst sıcaklık ortalama değerleri (°C).....	47
Çizelge 4.13. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	48
Çizelge 4.14. Ladin ağaç malzeme örneklerinde üst sıcaklık ortalama değerleri (°C).....	49
Çizelge 4.15. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	50

Çizelge 4.17. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde % O ₂ ortalama değerleri.....	52
Çizelge 4.18. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki % O ₂ ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	53
Çizelge 4.19. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinde % O ₂ ortalama değerleri.....	54
Çizelge 4.20. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki % O ₂ ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.21. Ladin ağaç malzeme örneklerinde % O ₂ ortalama değerleri.....	56
Çizelge 4.22. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki % O ₂ ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	57
Çizelge 4.23. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün % O ₂ ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	58
Çizelge 4.24. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).....	59
Çizelge 4.25. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	60
Çizelge 4.26. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).....	61
Çizelge 4.27. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	62
Çizelge 4.28. Ladin ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).....	63
Çizelge 4.29. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	64
Çizelge 4.30. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün CO ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	65
Çizelge 4.31. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).....	66
Çizelge 4.32. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	67
Çizelge 4.33. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).....	68
Çizelge 4.34. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	69
Çizelge 4.35. Ladin ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).....	70
Çizelge 4.36. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	71

Sayfa

Çizelge 4.37. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün NO ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.	72
Çizelge 4.38. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri (°C).	73
Çizelge 4.39. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	74
Çizelge 4.40. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri (°C).	75
Çizelge 4.41. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.	76
Çizelge 4.42. Ladin malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri (°C).	77
Çizelge 4.44. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün baca sıcaklığı ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	79

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

%	: Yüzde
°C	: Santigrad derece
µm	: Mikrometre
CaCl ₂	: Kalsiyum klorür
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbon dioksit
Cu ₂ SO ₄	: Bakır sülfat
d	: Özgül ağırlık
D ₀	: Tam kuru özgül ağırlık
D ₁₂	: Hava kurusu özgül ağırlık
dak	: Dakika
E-modülü	: Elastikiyet modülü
g	: Gram
H	: Hidrojen
h	: Saat
Kcal	: Kilo kalori
KNO ₃	: Potasyum nitrat
m	: Metre
mA	: Miliamper
mm	: Milimetre
mm ²	: Milimetrekare
ms	: Milisaniye
N	: Newton
Na ₂ B ₄ O ₇	: Sodyum tetra borat

Na_2O_2	: Borat
Na_2SO_4	: Sodyum sülfat
NO	: Azot monoksit
NO_2	: Azot dioksit
O_2	: Oksijen
OH	: Hidroksil
ppm	: Parts per million
s	: Saniye
ZnSO_4	: Çinko sülfat
σ_B	: Liflere paralel basınç direnci
σ_E	: Eğilme direnci
σ_g	: Liflere paralel çekme direnci

KISALTMALAR

ASTM	: American Society for Testing and Materials
A/D	: Analog/Dijital
D/A	: Dijital/Analog
LAM	: Lamine Ağaç Malzeme
MAX.	: Maksimum Değer
MİN.	: Minimum Değer
MDF	: Orta Yoğunluklu Levha (Medium Density Fiberboard)
MOR	: Eğilme Direnci (Modulus of Rupture)
MOE	: Elastikiyet Modülü (Modulus of Elasticity)
MOR	: Eğilme Direnci (Modulus of Rupture)
ORT.	: Ortalama Değer
PCI	: Peripheral Component Interconnect
PVAc	: Polyvinyl Acetate Klorür
RTWT	: Real Time Windows Target
TS	: Türk Standartları

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ağaç malzeme dâhili ve harici dekorasyon işlemlerinde çok eski çağlardan beri kullanılan önemli bir yapı malzemesidir. Hafif olması, fiziksel ve mekaniksel etkilere karşı dirençli olması en belirgin özelliklerindedir. Bunların yanında ısıyı ve sesi az iletmesi, kolay işlenebilmesi, renk ve desen bütünlüğünün sağlanması, boya ve vernik gibi işlemlere tabi tutularak istenilen renk ve desenin sağlanması, doğal ve yenilenebilir bir hammadde olması ağaç malzemeyi diğer yapı elamanlarından daha cazip hale getirmektedir. Günümüzde hızla artan dünya nüfusu ile insanoğlunun gelişen teknoloji ve yaşam standartlarına bağlı olarak artan ihtiyaçlarının yanı sıra bilinçsiz tüketim neticesinde doğal kaynaklar azalmaktadır. Bu durum üreticileri doğal kaynakları nasıl daha verimli ve çeşitli kullanabilecekleri yönünde çalışmalara girmeye zorlamaktadır (Özcan, 2011).

Ağaç malzeme hammaddesinin organik bir madde olması nedeni ile uygun şartların oluşması durumunda yanması önemli olumsuz özelliklerindedir. Ağaç malzemenin yanıcılığı dışındaki diğer olumsuz özellikleri sadece maddi kayıplara neden olurken, ağaç malzemenin yanması durumunda hayati tehlikeler de oluşmaktadır. Ağaç malzemenin yanması durumunda oluşan alevler ve gazlar insan hayatını tehdit etmekte ve ölümlere neden olabilmektedir (Terzi, 2008).

Orman ürünleri ile mobilya ve dekorasyon sektörünün hammaddesi olan ağaç malzeme uygun kullanım ve koruma yöntemleriyle, artan odun hammaddesi ihtiyacını karşılamada yeterli olabilecektir. Odun hammaddesi masif, çeşitli levha ve kompozit ürünlere dönüştürülerek çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik zararları engellemek amacıyla, yapısına müdahale edilebilen odun hammaddesi, işlenebilirliğinin kolay olması, ısı ve elektriğe karşı izolasyon özelliği göstermesi, akustik özelliklerinin istenilen düzeyde olması, özgül

ağırlığının düşük olmasına karşılık, yüksek mekanik özelliklerine sahip olması nitelikleriyle önemini devam ettirmektedir. Ağaç malzeme kullanımında farklı hava şartları ve boyutlarında meydana gelen değişiklikler, böcek, mantar ve oyucu deniz organizmalarının zararları gibi etkiler dikkate alınmalıdır (Örs, Atar ve Demirci, 2005).

Ağaç malzeme sahip olduğu üstün özellikler nedeniyle günümüzde birçok kullanım yerinde önemini korumaktadır. Kişi başına tüketimin artması ve orman alanlarının gün geçtikçe azalması üretilen ağaç malzemenin uzun süre kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Ağaç malzemenin bileşikleri çevre şartlarına göre kimyasal ya da biyolojik etkenlerle bozulmaktadır. Bu olumsuz etkilere karşı ağaç malzemelere kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemleri uygulanmaktadır (Higley and King, 1990).

Ağaç malzemenin doğal olması, estetik olarak güzel görünmesi ve bazı türlerinin de doğada kolay ve kısa sürede yetişiyor olması gibi özelliklerinden dolayı yüzyıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, yüzeylerinin kaplanmaması durumunda kullanım ömrü kısalmaktadır. Bu konuda yapılan literatür araştırmalarında; açık hava şartlarında odun renginin çok hızlı değiştiği ve genellikle yan bileşikler ve ligninin kimyasal bozunmasından dolayı sarı ve kahverengimsi renge dönüştüğü bildirilmektedir (Anderson et al, 1991).

Bu çalışmada, ağaç malzemeyi yanmaya karşı korumak amacıyla farklı özelliklere sahip ecelak boya, sayerlak boya ve nano vernik gibi yangın geciktiricilerin, ağaç malzeme olarak Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin üzerindeki yanma direncine etkileri, ASTM-E 69 standartlarına göre yanma dirençleri ve yanma sonucu açığa çıkan gazlar araştırılmıştır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

Ağaç malzeme, insanların kullandığı çeşitli yapı malzemeleri içerisinde belki de en eski olanıdır. Çağımızın getirdiği teknik yeniliklere ve çok sayıdaki yeni malzeme ile rekabetine rağmen, sahip olduğu üstün özellikleri nedeniyle günümüzde de birçok kullanım yerinde önemini korumaktadır. Yenilenebilir organik doğal bir hammadde olması, anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal bileşimi çok farklı ürünler halinde kullanımına olanak sağlamakta, gerek masif halde gerekse kompozit ürünlere dönüştürülerek değerlendirilebilmekte, yapısına fiziksel, mekanik, kimyasal ve biokimyasal müdahale edilebilmektedir. Diğer taraftan özgül kütlesine göre direncinin yüksekliği, alet ve makinelerle kolay işlenebilmesi, iyi boya ve cila kabul etmesi, ısı, ses ve elektriğe karşı izolasyon maddesi olarak kullanılabilmesi, kullanıldığı yerde psikolojik bir sıcaklık hissi vermesi, akustik özelliklerinin üstünlüğü ve dekoratif görüntü verebilmesinden bir çok kullanım yerinde tercih sebebi olmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1981).

Ağaç malzeme bu özelliklerinin yanı sıra bazı istenmeyen özelliklere de sahiptir. Bunlar; organik bir madde olmasından dolayı bakteriler, mantar ve tahripçi böcekler ile oyucu deniz organizmaları tarafından kolayca tahrip edilmesi, higroskopik ve anizotropik yapısı nedeniyle içinde bulunduğu ortamın sıcaklığı ve bağıl nemine göre elde edeceği denge rutubeti miktarına bağlı olarak ortam ile rutubet alışverişinde bulunmaktadır. Bu su alışverişi higroskopik sınırlar olan % 0 ile lif doygunluğu noktası olarak kabul edilen ortalama % 30 arasında meydana geldiğinde boyutlarında değişmelere neden olmaktadır. Boyutsal değişimler lif yönünde çok az olduğu halde, teğet yönde radyal yönün 1.5-3 katı kadar olabilmektedir. Ağaç malzeme bileşiminin karbon ve hidrojen içermesi nedeniyle yanmaya müsaittir (Levan and Winandy, 1990).

Tarihi gelişim içerisinde ilk olarak bir ağacın kabuk altı sıvısı ile hazırlanan koruyucu gereçle yapılan yüzey işlemleri, daha sonra doğal reçineler ve kuruyan yağlar ile hazırlanan yağlı koruyucu örtü gereçlerinin kullanılması ile yeni boyutlar kazanmıştır (Newel and Holtrop, 1961).

Ağaç malzemenin istenilmeyen sakıncalı özelliklerini iyileştirici metodlar geliştirilmiştir. Bu maksatla uygulanan teknik işlemlerin en önemlileri kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemleridir. Kullanma yerindeki denge rutubeti miktarına uygun olarak fazla suyun atılması sonucu kurutulan ağaç malzemenin direnci, sertliği, çivi tutma kabiliyeti, boya tutma özelliği ile rendeleme, frezeleme, lamba, zıvana açma delik açma vb. işlerde daha düzgün yüzeyler elde edildiği gibi tutkallanma ve yapışma kabiliyeti artmaktadır (Uysal, 1997).

Ağaç malzemenin, tekniğe uygun kullanım, uygun üretim şekli (konstrüksiyon), biyotik ve abiyotik, zararlılara karşı emprenye ve uygun üst yüzey işlemleri ile ortadan kaldırılabilmekte veya en aza indirilebilmektedir (Kurtoğlu, 2000).

Ağaç malzemedan üretilen mobilya ve yapı elemanlarının zararlı dış etkilerden korunması gerekir. Doğal halde harici etkilere karşı bırakılan ağaç eşyanın dayanımı sınırlıdır. Kullanma koşulları ve harici etkenler ağaç eşyanın yıkılmasına ve bozulmasına sebep olur. Bu nedende ağaç malzemedan üretilen eşya yüzeylerinin koruyucu örtücü bir katmanla kaplanması gerekmektedir (Şanıvar, 1978).

Başlangıçta sadece ağacı koruma düşüncesi ile yapılan yüzey işlemleri daha sonraları koruyuculuğunun yanı sıra ağacın doğal güzelliklerini de ortaya çıkarması amacıyla uygulanmaya başlanmıştır. Bunun sonucu olarak verniklerle işlem görmüş ağaç yüzeylerinin teknik, ekonomik ve estetik olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır. Değişik cins ağaçlarda anatomik yapıya bağlı olarak birtakım yapısal farklılıklar görülmektedir. Değişik cinsler arasında görülen bu yapısal farklılıklar aynı cinse ait ağaçlarda, hatta aynı tomruğun değişik bölümlerinden alınan veya farklı şekillerde biçilmeleri sonucu elde edilen parçalarda da görülmektedir. Bu yapısal farklılıklar aynı cins ağaçlardan elde edilen masif ve kaplamalar için de söz konusudur. Kaplamaların üretimi esnasında geçirdiği süreçler (buharlama, kesme, kurutma v.b.),

özelliklerinin farklılaşmasına sebep olmaktadır. Bu durumda, aynı cins koruyucu gerecin değişik cins ağaçlar üzerinde, hatta cins ve türleri aynı bile olsa masif ve kaplama üzerinde verdikleri katmanların değişik dış etkenlere karşı dayanıklılıklarının aynı olamayacağı düşünülmektedir (Sönmez, 1989).

Ağaç malzemedan yapılan mobilyaların korunması ve görünüş özelliklerinin belirgin hale getirebilmesi amacıyla farklı vernikler kullanılmaktadır. Ahşap yüzeylerinin korunması ise vernik katmanlarının dış etkilere gösterdiği dirence bağlıdır (Budakçı, 2003).

2.1. LİTERATÜR ÖZETİ

Ağaç malzemenin en olumsuz özelliklerinden biriside yanıcı olmasıdır. Ağaç malzemenin bu olumsuz özelliğinin giderilmesi amacıyla, yanmayı engelleyici veya geciktirici birçok kimyasal madde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde;

Odun yanabilen bir maddedir. Bu bakımdan, odunun yanmaya karşı direncinin artırılması için, kimyasal maddelerle emprenye edilmiş olması, birçok kullanım yerinde zorunlu görülmektedir (Levan and Winandy, 1990).

Alevlenebilen maddeler, tutuşma sıcaklığına ulaşıncaya dışarıdan bir aleve gerek duymadan tutuşabilir. Yanabilen maddeler ise yabancı bir alevin içinde yanar, fakat alev söndüğü anda maddenin yanması son bulur. Bu tür maddeleri yanmaz hale getirmek mümkün değildir. Yanmayı önleyen ve/veya geciktiren emprenye maddeleri, ağaç malzemenin bozunma sıcaklığının altında bozularak selülozu hızla odun kömürüne veya suya dönüştürürler. Böylece daha yüksek sıcaklıkta oluşacak olan uçucu ve yanıcı maddeler oluşmadığı için odunun alevlenme özelliği azalmakta ve alevin savrulması çevreye yayılması önlenmektedir (Uysal, Özçifçi ve Yılmaz, 2002).

Kantay'ın araştırmasına göre ağaç malzemenin yoğunluğu azaldıkça tutuşması da o kadar kolay ve hızlı olmaktadır. Yoğunluk arttıkça tutuşma zorlaşmakta ve yanma hızı yavaşlamaktadır (Kantay, 1987).

Ahşap malzeme ısıya ve havaya maruz kaldıkında yanacaktır. Ahşabın termal bozunması aşamalar halinde meydana gelir. Bozunma prosesi ve termal bozunma ürünlerinin tümüyle ortaya çıkması ısı oranına ve sıcaklık değerine bağlıdır. Ahşabın tutuşması sırasında meydana gelen olaylar zinciri şoyledir:

İlk olarak ısıya maruz kalan ahşap malzeme uçucu gaza dönüşebilen sıvıya ve kmrleşmeye ayrır. Kömürleşme, daha ziyade 300 °C nin üzerinden meydana gelen sıvı çıkışına ters olarak 300 °C nin altında meydana gelir.

Daha sonra 400-500 °C arasında ahşap malzemedен ayrırılan sıvı madde havayla temas ettiğinde tutuşabilir. Gaz hali tutuşmaları alev olarak gözlemlenir.

Son olarak da hava dolaşımıyla birlikte oluşan kömürleşme oksidasyonu 360 ve 520 °C deki pik noktalarıyla beraber 200 °C de belirgin bir şekilde gözlemlenir.

Ahşap malzeme yeterli ısı ve atmosferde yeterli oksijenle buluştuğunda yanmaya başlar. Yanma kılavuzlu ve kılavuzsuz olarak iki şekilde meydana gelir. Kılavuzlu yanma alev kıvılcım ya da alev gibi kaynağının bulunduğu durumlarda meydana gelir. Kılavuzsuz yanma kaynağı da yanma kaynağının bulunmadıkı durumdur. Ahşabın yüzeyindeki yanma enerji akışından ya da alev veya ısıtılmış kaynaklardan dolay oluşan ısı değişikliğinden meydana gelir. Bu enerji akışı ya da ısı değişimi, her ikisi de ısı ve ışın bileşimlerine sahip olabilir. Yapı kod ve standart tanımlarıyla buluşabilmek için kereste ve kontrplak malzemeler yanma performanslarını arttırmak için yangın geciktiricilerle muamele edilmektedirler. Genellikle kullanılan uygulama metodu basınçlı muamele ve yüzey kaplama şeklindedir. Emprenye uygulamalarında kimyasal koruyucu uygulamalarındaki gibi ahşap malzeme de kimyasal solusyonlara basınçlı metolla tabi tutulur. Bazı uygulamalar için yangın engelleyicilerin yüzey kaplama metoduyla uygulanması kabul edilebilir (White ve Dietenberger, 1999).

Ahşap, karbon ve hidrojen içeren organik esaslı bir materyal olduğundan yanıcıdır. Kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275 °C'ye çıkarılması gerekmektedir. Bununla birlikte herhangi bir tutuşturucu alev kaynağı varlığında çok daha düşük sıcaklıklarda tutuşarak yanabilmektedir. Oksijen, ısı kaynağı ve yanabilir madde üçlüsünden birinin olmaması durumunda tutuşma olmaz. Her ne kadar yangın esnasında çoğu yapısal materyale oranla üstün yönleri varsa da yanmaya karşı direnci artırıcı emprenye maddeleriyle muamele, emniyetin sağlanması ve yanmanın engellenmesi bakımından kaçınılmaz olmaktadır (Baysal vd. 2004).

Uysal, çalışmasında farklı kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanma dayanıklılığına etkisini doktora tezi olarak araştırmıştır. Araştırmada iki farklı ağaç (Sarıçam ve Doğu Kayını) iki farklı emprenye yöntemi (uzun süreli batırma ve dolu hücre yöntemi) ve beş farklı kimyasal madde (potasyum nitrat (KNO_3), çinko sülfat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), boraks (Na_2O_2), sodyum sülfat (Na_2SO_4), bakır sülfat (Cu_2SO_4) kullanmıştır. Kimyasal maddelerin emprenye öncesi ve sonrasında pH değerlerinde önemli bir değişim olmadığı bildirilmiş. ASTM-E-69 standardına göre yapılan ateş borusu deneyleri sonucunda; Cu_2SO_4 , ZnSO_4 ve Na_2SO_4 Sarıçam ve Kayında yanmaya dayanıklılık kazandırmıştır. Yöntem olarak da dolu hücre metodu ile yapılan işlemlerin daha etkili olduğunu belirtilmiştir (Uysal, 1997).

Bir başka çalışmada ise Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunları; potasyum nitrat (KNO_3), çinko sülfat (ZnSO_4), sodyum tetra borat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), sodyum sülfat (Na_2SO_4) ve bakır sülfat (Cu_2SO_4) ile emprenye edilmiştir. Emprenye metodu olarak uzun süreli daldırma ve 1 saat vakum-1 saat basınç, 30 dakika vakum-30 dakika basınç olmak üzere dolu hücre metotları uygulanmıştır. Emprenye edilen numunelerde, alev kaynaklı ve alev kaynaksız yanma sırasında oluşan ağırlık kayıpları esas alınarak yapılan değerlendirme sonuçlarına göre; Cu_2SO_4 , ZnSO_4 ve Na_2SO_4 Sarıçam ve Kayında yanmaya dayanıklılık kazandırdığı bildirilmiştir (Örs, Sönmez ve Uysal, 1999).

Kızılağaç odununun yanma özelliklerine etkileri araştırılmış ve borlu bileşiklerin kızılağaç odununda yanmayı önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Tuzların (Borik asit ve Borax) özellikle dış ortam tesirinde yıkanmasını önlemek amacıyla Stiren,

Metilmetakrilat ve Stiren + Metilmetakrilat karışımı ikinci işlem olarak uygulandığı bildirilmiştir (Uysal, 1998).

Bor bileşikleri ile emprenye edilmiş Kayın ve Sarıçam ağaçları kullanılarak yapılan yanma deneyleri sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak analizi neticesinde, yanmayı geciktirici ve/veya önleyici emprenye maddesi olarak Boraks-Borik Asit karışımı ve iğne yapraklı ağaç olan Sarıçam ağacı daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir (Uysal ve Kurt, 2005).

Ihlamur (*Tilia argentea*.) odunundan üretilen 3 katmanlı lamine ağaç malzeme (LVL) nin alev kaynaklı ve kendi kendine yanma özellikleri araştırılmıştır. Lamine ağaç malzemenin dış katmanlarında küçük yapraklı Ihlamur (*Tilia argentea*) orta katmanlarında Uludağ Göknarı (*Ağabeyes bornmülleriana* Mattf.) Akdut (*Morus alba* L.), Sapsız Meşe (*Quercus petraea* spp.) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunları kullanılmıştır. PVAc tutkalı ile yapıştırılarak üretilen LAM örneklerin ASTM – E 69 standartlarında belirlenen esaslara göre alev kaynaklı ve kendi kendine yanma değerleri belirlenmiştir. Sonuç olarak en fazla; kütle kaybı (32,17 g), CO (3754,12 ppm) ve CO₂ (% 6,76) miktarı orta katmanı Meşe odununda, O₂ (19,53) orta katmanı Akdut odununda, sıcaklık değeri orta katmanı Sarıçam ve Göknar örneklerde, yanmamış parça ve kül miktarı 3 katmanlı Ihlamur odununda (%20) elde edildiği bildirilmiştir (Uysal ve Özçifci, 2000).

Duglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Frankco) odunu borlu bileşikler ve PEG-400'lü gruplarla emprenye edilmek suretiyle yanma özellikleri incelenmiş, polietilenglikollü grupların olumsuz etkilerine rağmen borlu bileşiklerin daha etkili sonuçlar verdiği görülmüştür (Yalınkılıç ve Örs, 1996).

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Kestane (*Castanea sativa* Mill.) odunlarından hazırlanan deney örnekleri, Tanalith-CBC, Su itici madde+sentetik vernik ve StM+poliüretan vernik ile ASTM-D 1413–76 esaslarına göre emprenye edildikten sonra üst yüzey işleminde sentetik ve poliüretan vernikler kullanılmıştır. Tanalith-CBC ile emprenye edildikten sonra vernikleme her iki odun türünde ilk anda yanmayı geciktirici etki sağlamıştır. Buna karşılık Kestanede % 20, Sarıçamda % 13

kütle kaybı olmuştur. Emprenye işlemlerinden sonra uygulanan vernikler odunun yanma özelliklerini etkilemediği bildirilmiştir (Örs, Atar ve Peker, 1999).

Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky.) odunundan hazırlanan deney örnekleri, (ASTM-D 1413-76) esaslarına uyularak emprenye edilmiştir. Emprenye maddesi olarak; borik asit, boraks, sodyum perborat'ın sulu veya PEG-400' de çözündürülmüş preparatları, su itici maddelerden; parafin, stiren, metilmetakrilat ve izosiyanat kullanılmıştır. Yanma deneyi sonuçlarına göre, en fazla ağırlık kaybı stiren ve sodyum perborat'ta gerçekleşmiştir. Borlu maddeler kendi kendine ve kor halinde yanma sırasında etkili olmuşlardır. Yanma deneyi sonrasında en çok ağırlık kaybının stirenin tek başına kullanımında, en az olanın ise PEG-400 + stiren kullanımında gerçekleşmiştir. Alev kaynaklı yanma halinde en yüksek değer PEG-400 + borik asit'te, kendi kendine yanma sırasında en yüksek değer PEG-400+borikasit'te elde edildiği bildirilmiştir (Örs, Atar ve Peker, 1999).

2.2. AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİĞİ

Ağaç malzemenin ısı etkisiyle bozunduğu, insanoğlunun ateşi keşfinden bu yana bilinmektedir. Termik bozunma, ısı ve ışık sağladığı için geçmişte olumlu bir işlem olarak görülmüştür. Günümüzde de ağaç malzemedan ısı ve ışık kaynağı olarak zorunlu veya zevk için (şömine ve kamp ateşi) yararlanılmaktadır (Baysal 1994).

Maddenin, ısı ve oksijenle birleşmesi sonucu oluşan kimyasal olaya yanma denir. Yavaş yanma; yanıcı maddenin bünyesi itibariyle, yanıcı buhar ve gaz meydana getirmediği, yeterli ısının olmadığı, yeterli oksijenin olmadığı halde gerçekleşen yanmadır. Hızlı yanma; yanmanın bütün belirtileri ile olduğu bir olaydır. Belirtileri alev, ışık, ısı ve korlaşmadır (Esen, 2009).

Ahşap, çoğunluğu karbon ve hidrojen olan organik bileşiklerden oluşur. Bunlar oksijenle birleşir ve yanar. Bu özelliklerden dolayı ahşap yanıcı bir materyal olarak sınıflandırılır. Kimyasal maddeler özellikle ahşabın yapısındaki yan bileşenler yanma noktasının değişimine sebep olur. Örneğin reçineli bir çam ağaç parçası düşük

ıslalarda bile tutuşabilir. Buna ilaveten özgül ağırlık ve kütle alan (m^2/kg) yanma süresini etkiler (Özen, 1995).

Ağaç malzeme ısıya maruz kaldığında tutuşabilir yanıcı sıvılar salarak yanar. Tutuşmayı azaltmak için ağaç malzeme yangın geciktiricilerle muamele edilir. Bu tür yangın geciktirici uygulamalar ağaç malzemenin yüzeyindeki alev yayılma ve ısı miktarı oranlarını ciddi bir şekilde azaltır. Bununla beraber, bazı yangın geciktirici uygulamalar istenmeyen ikincil yan etkiler verebilir. Örnek olarak ağaç malzemenin dayanımında zayıflama, metal bağlantı elemanlarını korozyona uğratma ve artan rutubet oranı verilebilir (Le Van ve Winandy, 1989).

2.2.1. Termik Bozunmanın Olumsuz Yönü : Yangın

İnsanoğlunun yaşamına, yıldırım düşmesi sonucunda veya kuru ağaç dallarının birbirine sürtünmesi sonucu giren ateş, yaşantımızın çok önemli bir parçası olmuştur. Medeniyetin bugünkü aşamaya gelmesinde ateşin yeri tartışmasız büyüktür. Bu olumlu yönlerine karşın denetimden çıktığı andan itibaren ateş, yangını oluşturur (Kordina vd. 1977).

Yanma; en genel anlamda yanıcı denen bir maddenin yakıcı olarak adlandırılan bir başka madde ile birleşmesi sonucunda ısı vererek meydana getirdiği olayların tümüdür. Yakıcı, çoğunlukla oksijen veya oksijen içeren bir başka maddedir. Başka bir tanımlamada ise yanma; malzemenin alev, ışık ve ısı özellikleri gösteren ve çevresine ısı vererek hızlı bir şekilde oluşan oksidasyonu veya tutuşma sıcaklığına kadar ısı almış bir cismin oksijenle birleşmesine denir. Bir maddenin yanabilmesi için havanın en az % 14 - % 18 oksijen içermesi gerekir. Normal şartlar altında havadaki oksijen oranı % 21 dir (Gökmen 1965). Yangın ise "zaman ve mekânda kontrol dışı gelişen yanma olgusudur (Sunar 1983).

Ne çeşit olursa olsun, yangının çıkabilmesi için yanıcı madde–oksijen–tutuşma sıcaklığı üçlüsünün varlığı ve bunların uygun bir oranda bulunmaları gerekir. Eğer şu üçlüden herhangi birisi olmazsa yangın olmaz. Sıcaklık, oksijen ve yanıcı madde dengesindeki değişiklikler ise yangının şiddetini belirler. Bir yangının çıkmasına

engel olmak veya mevcut bir yangını durdurmak için bu üç öğeden birini ortadan kaldırmalı ya da aralarındaki dengeyi bozmak gerekir (Aslan, 1998).

Yangın sırasında ahşap malzemede 170 °C ye kadar kuruma, 270 °C ye kadar CO, CO₂ ve su buharı çıkışı, 250-300 °C de de tutuşma görülmektedir. Ahşap yüzeyi ısı etkisi ile kömürleşmekte, oluşan kömür tabakası, alevin ahşabın içine girmesini önlemekte ve taşıyıcı sistemin uzun süre dayanıklılığını korumasını sağlamaktadır. Ahşabın yangın anında sağladığı en büyük avantaj, yavaş yanması ve çökmeyi önceden haber vermesi sayesinde can kaybını minimuma indirmesidir. Ahşap yüzeyinde; sürme, püskürtme, daldırma, difüzyon gibi yöntemler ile nem, köpük ve gaz tabakası meydana getirilebilmektedir (Akıncıtürk ve Perker, 2003).

Yangın hemen hemen her yapıda meydana gelebilecek büyük bir tehlikedir. Hatta, yangına karşı en iyi bir şekilde korunmuş olan ahşap yapılarda dahi yangın tehlikesi tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Yangının felaket olarak nitelendirilmesi hiç kuşkusuz onun kontrol dışı bir olgu olmasından ileri gelmektedir. Yalnız, yangın biz insanlar için devamlı bir tehdit ve tehlike unsuru olmasına rağmen toplum nazarında felaket olma görünümünü, neden olduğu can kayıpları ve maddi zararlar sonucu ortaya koyar. Yangın, tabii afetler içerisinde düşünülmesi gereken önemli bir konudur. Geçmişte meydana gelen yangınlar can ve mal kayıplarının yanı sıra şehir dokularının bile değişmesine sebep olmuştur. Günümüzde de görülen bu sorun önemli derecede mal ve iş gücünü yok etmekte, manevi değeri ölçsüz tarihi öneme sahip kültürümüzün seçkin örnekleri yangınlarla birer birer yitirilmektedir (Uysal, 1997).

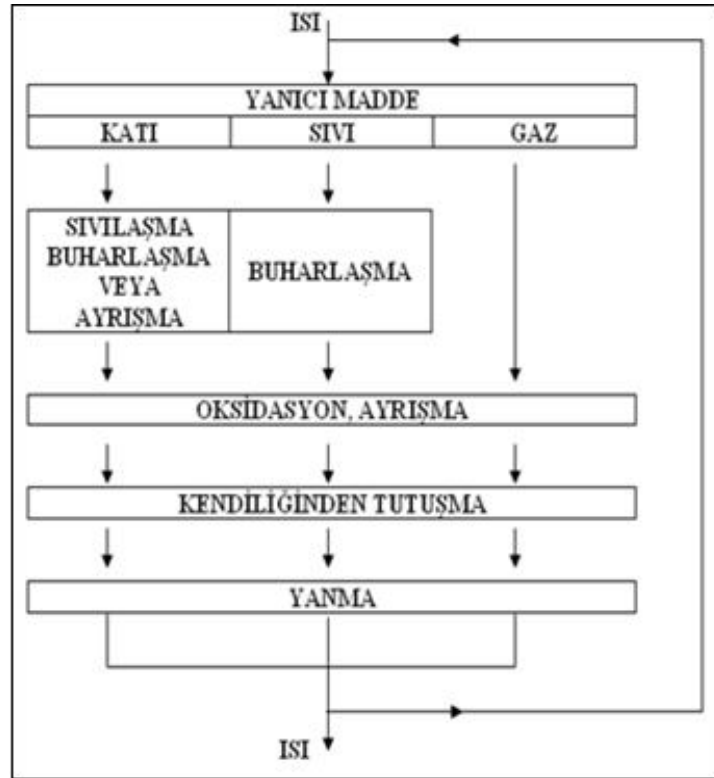
Ahşap malzeme ısıya ve havaya maruz kaldığında yanacaktır. Ahşabın termal bozunması aşamalar halinde meydana gelir. Bozunma prosesi ve termal bozunma ürünlerinin tümüyle ortaya çıkması ısı oranına ve sıcaklık değerine bağlıdır. Ahşabın tutuşması sırasında meydana gelen olaylar zinciri şöyledir.

Şekil 2.1 'de belirtildiği gibi bir yanma olayının meydana gelebilmesi için; yakıt, oksijen ve ısı unsurunun tutuşma sıcaklığına ulaşmış olması gerekmektedir (White and Dietenberger, 1999).



Şekil 2.1. Yangın üçgeni.

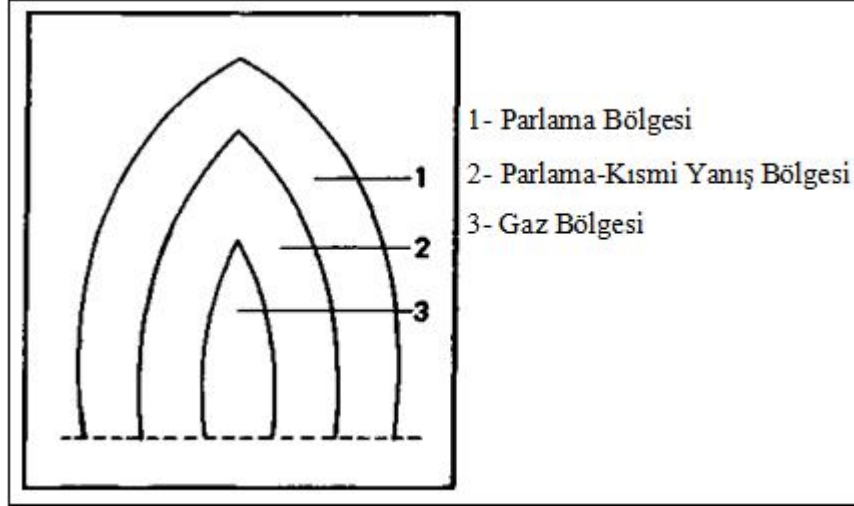
Yanma esnasında sadece gaz halindeki yanıcı maddelerin etkili olmaları nedeni ile, katı ve akıcı maddeler önce ısıl değişimlere uğrarlar. Yanma olayının ısı gelişimi Şekil 2.2' de gösterilmiştir (Uysal, 1997).



Şekil 2.2. Yanma olayının ısı gelişimi.

Yanma esnasında görülen alevin oksijen alan dış yüzeyi parlayan, ışık saçan gaz akımıdır. Bu yanma bölgesi altında tam bir yanmanın olmadığı parıldama bölgesi ve

çekirdekte ise halen yanmaya girmemiş yanıcı gazlar mevcuttur. Şekil 2.3’de bir alevdeki gaz ve yanma bölgeleri verilmiştir (Uysal, 1997).



Şekil 2.3. Bir alevdeki gaz ve yanma bölgeleri.

Yangınlar çoğunlukla konutun içerisinde bulunan eşyalardan başlamaktadır. Direkt olarak konutun ağaç malzeme kısmından başlamamaktadır. Ancak, konut içerisinde başlayan yüzeysel yangınlarda sıcaklık çok kısa zamanda yüksek derecelere ulaşarak çevredeki her türlü eşya, malzeme ve yapının konstrüksiyonunda yangının başlamasına neden olmaktadır. Böylelikle tehlike ve zarar çok büyük boyutlara ulaşmaktadır (Uysal, 1997).

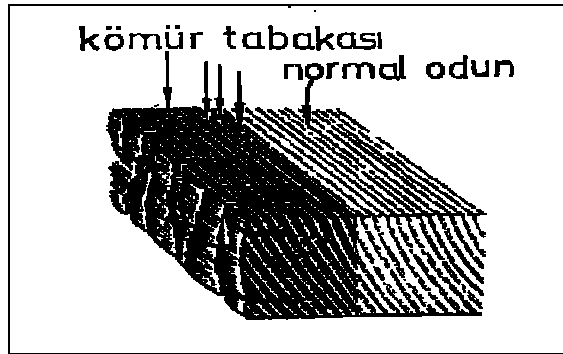
2.2.2. Sıcaklığın Ağaç Malzemeye Etkisi

Sentetik polimerlerden farklı olarak ağaç malzeme, homojen olmayan ve aynı zamanda da anizotropik bir maddedir. Organik bir madde olan ağaç malzemede en çok bulunan dört elementin miktarları yaklaşık olarak C = % 48 - 51, O = % 43 - 45, H = % 5 - 7, N = % 0,2’ dir (Fengel ve Wegener, 1984). Bu değerler yakma analizleri sonucunda elde edilmiştir. Türkiye’de yetişen ağaçların odunları % 0,1–0,5 oranlarında inorganik madde içermektedir (Yılıgör 1993). Ağaç malzeme, yüksek molekül ağırlığına sahip doğal polimerlerin kompleks bir karışımıdır. Bunların en önemlileri selüloz (% 50), hemiselüloz (% 25) ve lignin (% 25) olup, bu dağılımlar türden türe değişmektedir (Madorsky, 1964). Hücre çeperi incelendiğinde çeperin

farklı boyut ve özellikteki tabakalardan oluştuğu görülmektedir. Hücre çeper tabakaları, selüloz fibrillerinin farklı şekilde düzenlenmiş olmaları ve kimyasal bileşenlerinin farklı olması nedeni ile birbirinden ayrılmaktadır (Fengel ve Wegener, 1984).

Ağaç malzemenin yukarıda açıklanan kompleks yapısı yanma davranışının matematiksel bir fonksiyon olarak açıklanmasını zorlaştırır. Ağaç malzemenin özellikleri lif yönü ile birlikte değişmektedir. Örneğin liflere paralel termal iletkenlik değeri liflere dik iletkenlik değerinin yaklaşık iki katıdır. Gaz permeabilitesinde daha da büyük farklar vardır. Liflere paralel yöndeki gaz permeabilitesi, liflere dik yöndeki gaz permeabilitesinin 103 katıdır (Roberts, 1971). Dolayısı ile uçucu maddelerin odundan lif yönü doğrultusunda uzaklaşmaları daha kolaydır. Yanan bir tomruk enine kesitinde oluşan yoğun alevlerin nedeni de yanıcı uçucu gazların bu noktalardan olan yoğun çıkışıdır (Drysdale, 1998).

Ağaç malzemenin yanabilirliğinin yanında, yanma hızı ve derecesi özel bir öneme sahiptir. Yanma olayı oksijen yokluğunda gerçekleşmediğinden geniş enine kesitli ağaç malzeme yüzeyinde yavaş bir yanma olduktan sonra kömürleşme başlar. Sıcaklık yükseldiğinde, malzemeden yüzeyde tutuşarak yanan gazlar çıkar. Sıcaklık daha da arttığında yüzeyde kömürleşme (charring) başlar. Şekil 2.4'de kömürleşmenin oluşum örneği görülmektedir.



Şekil 2.4. Ağaç malzemedeki kömürleşmenin oluşumu.

Yangın geciktiricilerle işlem görmüş ağaçların kömür tabakasının mikroyapısal incelemesi yapıldığında; işlem görmemiş ağaca göre farklı kömürleşme olduğu, bu kömürleşme içerisinde yangın geciktiricilerin makro parçaların bulunduğu ve bu parçalarında kömürleşme derecesi ve kömürün görünümü üzerinde etkili olmaktadır (Zicherman, 1982).

Ağaç malzemenin termik iletkenliği düşük olup, çeliğin % 0,4'ü, bakırın % 0,05'i kadardır. Bu nedenle izolasyon malzemelerinden olan mantar, alçı vb. ile aynı gruba girmektedir. Bu sebeple yanma sırasında yüzeydeki sıcaklığın iç kısımlara iletilmesini sınırlamakta, rutubeti sıcaklıkla birlikte azalmakta, kömürleşmenin ilerlemesiyle artmaktadır. Odun kömürü ısıyı ağaç malzemeye göre 1/2 ile 1/3 oranında daha az iletir. Bu nedenle yanma artığı olan odun kömürleri duvarda daha iyi bir izolasyon maddesi olarak başarı ile kullanılabilir. Sonuç olarak ağaç malzeme yüzeyinden iç kısımlara iletilen ısı, malzeme içerisinde bulunan yanıcı gazların dışarıya çıkarılmasına yetmediğinden yüzeydeki tutuşmada durmaktadır. Çevredeki yanan eşyaların sıcaklık artışı olmadığı sürece, ağaç da kömürleşme derecesi gittikçe azalmaktadır (Baysal, 1994).

Ağaç malzemede kömürleşme derecesi, boyutlarındaki azalma olarak değerlendirilirken, bir yandan diğer tarafa doğru yanma hızı ağırlık kaybı olarak dikkate alınmaktadır. Büyük yapısal elamanlarda kömürleşme derecesi (charring rate), boyutların taşıdığı yüke destek olması nedeniyle önem taşımaktadır. Kömürleşme derecesi; detaylı dizayn yanında ısı iletkenliği ve yoğunluğu gibi tasarımda göz önüne alınması gereken iki faktöre bağlıdır (Yalınkılıç 1993).

Russell vd. (2004) ağaç malzemenin termal degradasyonunu 3 kademeli olarak açıklamaktadır. Birinci aşamada ağaç malzemenin pirolizi ya da ısınması ile kömür (katı kalıntı), katran (sıvı kalıntı) ve gazlar oluşmaktadır. Ağaç malzemenin tipi ve yanma koşullarına bağlı olarak gaz fazındaki madde miktarı artmaktadır. İkinci aşamada ise uçucu gazların oksijen ile reaksiyonu gerçekleşmektedir. Reaksiyonun gerçekleşmesi için uygun bir tutuşturucu kaynağın olması gerekmektedir. Üçüncü aşamada ekzotermik reaksiyon sonucunda oluşan ısı katı ağaç malzeme/kömür'ün pirolizinin devam etmesini sağlamaktadır. Böylece daha fazla miktarda uçucu madde açığa çıkmaktadır. Dolayısı ile

oluşan ısı tekrar ağaç malzeme yüzeyine dönmekte ve bir döngü oluşturmaktadır. Bu döngü ağaç malzemenin etrafının tamamen kömür ile kaplanıp bütün olası gazların çıkışına kadar devam etmektedir. Russell vd. (2004) ağaç malzemenin farklı sıcaklıklara gösterdiği tepkileri Çizelge 2.1’de özetlemiştir.

Çizelge 2.1. Ağaç malzemenin farklı sıcaklıklara gösterdiği tepkileri.

Sıcaklık (°C)	REAKSİYONLAR
100-200	Ağaç malzeme düzenli olarak ağırlık kaybeder ve CO ₂ gibi yanıcı olmayan gazlar, az miktarda formik asit, asetik asit ve su buharı meydana gelir.
160	Lignin’in bozunmasıyla birlikte ağaç malzeme yüzeyinde kömürleşmiş tabaka oluşumu başlar.
200-260	Ekzotermik reaksiyonlar başlar. Parçalanma ürünleri olan gazların ve yüksek kaynama noktasına sahip katran oluşum miktarının artması ekzotermik reaksiyonların başlamasının işaretidir. Ayrıca, düşük kaynama noktasına sahip hidrokarbonların açığa çıktığı alanlarda yanma görülür.
275-280	KontROLSÜZ olarak yüksek miktarda ısı açığa çıkar. Metanol, etonoik asit ve bu maddelerin homologları olan gaz ve sıvı ürünlerde artış olur.
>280	Gaz çıkışı ve kömürleşmiş tabaka oluşumu hızlanır. 280–320 °C lik sıcaklık aralığında reaksiyonlar oldukça ekzotermiktir.
>300	Eğer bu noktada yeterli oksijen varsa gaz karışımı tutuşur. Yanma, ağaç malzemenin kendi yüzeyinden ziyade yüzeyin biraz üzerinde gaz fazda devam eder. Bu noktada ısı kaynağının ortamdaki uzaklaştırılmasından sonra da ağaç malzeme yanabilir. Ağaç malzeme, özelliğine bağlı olarak 300–400 °C sıcaklık aralığında tutuşur. Yanma bütün ağaç malzeme bileşenlerinin ve uçucu gazların yanmasına kadar devam eder. Yanma yaklaşık 450 °C sıcaklığa kadar devam eder.
>450	Geriye kömür kalır. Karbondioksit, karbonmonoksit ve suyun okside olması ile degradasyon daha da ileri gider.

200°C’nin altındaki sıcaklıklarda malzeme tutuşmaz ve odun bileşenlerinin bozunması yavaşlar. Oda sıcaklığının üstündeki derecelere doğru ısıtıldığında higroskopik bileşenlerinden çıkan suyun absorblanması sonucu ilk etki endotermiktir. Bu endotermik etki, suyun kaynama derecesinin oldukça üzerindeki bir sıcaklık derecesi olan 200°C’yi geçince devam eder. Çünkü suyun bir kısmı bağlı su olup, bir kısmı da karbohidratların bozunmasıyla oluşmaktadır (Yalınkılıç, 1993).

200 °C'nin üzerindeki sıcaklık derecelerinde malzemede oluşan termik olaylar, hızlı piroliz, tutuşma, yanma, korlaşma veya kor halinde yanma, alevlenme veya alevin yayılması, duman ve zehirli gazların oluşumudur (Uysal, 1997).

500 °C sıcaklık seviyesi üzerinde ağaç malzeme hızlı termal bir bozunmaya uğramaktadır. Hızlı termal bozunma sonucunda ağaç malzeme biyolojik bir yakıtta dönüşmektedir. 500 °C ile 1300 °C sıcaklıklar arasında ağaç malzeme katranı, kömür ve gazlardan oluşan birçok ürün elde edilmektedir (Şahin, 2005).

Ağaç malzemeler yanma için gerekli olan oksijeni sağlayan çevrede belirli yüksek sıcaklık şartlarına maruz kaldıklarında tutuşurlar. Bu dış etkiler neticesinde çözünme ve ayrışmayla malzeme gaz ve kömür kalıntısına dönüşür. Bu etkiler neticesinde ısı çözünmeden sonra, kömür yerinde yanabilir veya alevli yanarak veya için için yanarak dağılabilir. Çıkan gazlar havadaki oksijene karışarak yanma aleviyle birleşir. İçin için yanma alevli veya alevsiz olarak ilerler böylece termal bozunmanın işareti olarak etkilenmiş kısımlarda bir kaç dakika içerisinde ağırlık kaybıyla birlikte bir renk değişmesi olur (Forest, 1987).

Tutuşma iki şekilde gerçekleşir. Bunlar; kontrollü ve kontrolsüz tutuşmadır. Kontrollü tutuşma, termal bozunma neticesinde çıkan gazlar için tutuşma kaynağı olarak hizmet gören bir alevin bulunmasıdır. Tutuşma şekli tutuşma olayının anlaşılması bakımından önemlidir (Forest, 1987).

Birçok faktörün tutuşma üzerinde etkili olmasından dolayı, ağaç malzemenin belirli bir tutuşma sıcaklığı yoktur. Bunun için bütün olaylara tatbik edilecek özel bir tutuşma değerini vermek mümkün değildir. Selülozik maddelerin, yayılan (radiant) ısıtması için kontrolsüz geçici tutuşma 600 °C olarak belirlenirken, kontrollü geçici tutuşma 300 °C-410 °C belirlenmektedir. Sürekli alevli tutuşma 320 °C'den daha yüksek sıcaklıkta elde edilebilir. Ağaç malzemenin konveksiyonel ısıtılması ile kontrolsüz tutuşma 270 °C'ye kadar düşer (Forest, 1987).

2.2.3. Yangının Yapı Malzemelerine Etkileri

Yangın ortamında bulunan yapı elemanları (kolon, kiriş, döşeme, duvar vb.) ile yapı malzemeleri (kaplamalar, mobilyalar, döşemeler vb.), yangının klasik ısı transferi yöntemleriyle tutuşmaya uğrarlar. Bu durum yangın şiddetini arttıran önemli bir unsurdur. Teknoloji geliştikçe çeşitlenen yapı malzemelerinin kimyasal yapılarının özellikleri dikkate alındığında, yangın gelişiminin kolaylaştığı görülebilir. Bu durumun aynı zamanda insan sağlığı üzerinde de birincil derecede olumsuz etkileri gözlenmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yangın sonucu ölümlerin yaklaşık % 70 - 75' inin, oluşan duman ve dumanın zehirlilik gücü (lethat effect) ile dumanın diğer ölümcül etkilerinden (sublethal effect) kaynaklandığı rapor edilmektedir (Gann vd. 2001).

Bu gerçeklerden hareketle, yangınla mücadele kavramının yanında yangın güvenliği kavramı hızla gelişmektedir. Yangın güvenliği kavramının temel mantığı, yangının çıkma olasılığını ve yangın çıktıktan sonra yayılmasını mümkün olduğunca engellemeye dayanmaktadır. Özellikle bina yangınlarında geliştirilen önlemler aktif ve pasif güvenlik önlemleri olarak iki gruba ayrılmıştır. Aktif güvenlik önlemleri ağırlıklı olarak yangınla mücadeleye yönelik sistem ve malzemeleri kapsamaktadır. Pasif güvenlik önlemleri ise, bina tasarım aşamasından itibaren can güvenliğinin ve tahliyeye yönelik alınan önlemleri ifade etmektedir (Küçük, 2001).

Yangın hemen hemen her yapıda meydana gelebilecek büyük bir tehlikedir. Hatta yangına karşı en iyi bir şekilde korunmuş olan ahşap yapılarda dahi yangın tehlikesi tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Binalarda yapı şekillerinin yangında önemli etkileri bulunmaktadır. Ağaç yapılar genel olarak; ağır ve büyük boyutlu ahşap yapılar, orta boyutlu ahşap yapılar ve küçük boyutlu hafif ahşap yapılar olmak üzere üç kategoride toplanırlar (White, 1985).

Bu yapı sınıflarının içerdiği ahşap elemanların durumuna göre yangının yayılma hızı da değişik olmaktadır. Ağaç malzemenin her ne kadar önemli dezavantajlarından birisi tutuşabilmesi ise de, yanma ancak yanabilen bir materyalin oksijen varlığında yeterli bir ısı etkisinde bırakılması ile gerçekleşir. Oksijen, ısı kaynağı ve yanabilir

madde üçlüsünden birinin olmaması durumunda tutuşma olmaz (Kollman ve Cote, 1968).

Ağaç malzemenin yanabilir olmasına karşın, diğer yapısal materyallere oranla yangına katkısının minimum düzeyde olduğu ve yangının ilk aşamalarında da olsa mükemmel bir direnç özelliği gösterdiği bilinmektedir. Yangının yayılmasına karşı ağaç malzeme yüksek direnç gösterirken, önemli bir tahribat veya direncinde hızlı bir azalma gözlenmemektedir (Richardson, 1978).

Yapı malzemesi olarak kalın ahşap kullanmak yanma noktasının uzatılmasının diğer bir yoludur. Dış yüzey yanar ve odun kömürüne dönüşür. Ahşabın yanmasıyla oluşan odun kömürü çok etkili bir ısı yalıtkanıdır. Bu yüzden geniş kalaslar çok yavaş yanarlar. Buna ilaveten ahşap da çok iyi ısı yalıtkanıdır. Kalın bir parça ahşap yanıyorken dış yüzeyin ısısı 1000 °C iken iç kısımdaki ısı hala 40 °C'dir. Bu sebepten dolayı kiriş ve kolon gibi kalın yapı malzemeli binalar yangında kolayca çökmezler. Diğer bir yönden çelik konstrüksiyonlarda ısı çoğalınca çelik deforme olur ve dayanıklılığı azalır ve çöker. Ahşabın kullanıldığı yerlerde güvenlik için yangına karşı koruyucu önlemler alınmalıdır. Bu durumda ahşap tehlikeli bir malzeme değildir (Özen, 1995).

Ağaç malzemedeki ısı iletkenlik katsayısının küçük oluşu ve bunun yanısıra kesitinin artmasıyla da tutuşma gecikir. Yanmayla birlikte dış yüzeyinden başlayarak çevresel kömürleşme başlar. Kömür tabakası kalınlaştıkça ısının içeri girip kritik dereceye erişmesi o ölçüde zorlaşır. Çünkü odun kömürü ısıyı kötü iletir (0.03 K.Cal /m h °C). Bu kömür tabakası, kesitin içerisinde kalan kısmın uzun süre yangına karşı dayanıklı kalmasını sağlamaktadır (Erşen, 1986).

Ağaç malzeme tutuşma sıcaklığına eriştikten sonra ortaya çıkan gazlar oksijenle birleşerek uzun alevli bir yanmaya dönüşür. Reçine oranının fazla olması yanmayı hızlandırıcı rol oynar. Yanma süreci içinde sıcaklığın artması daha çok gaz çıkarmasına ve yangının devamına yol açar (Eriç, 1978).

Binalarda kullanılan yapı elemanlarının ve malzemelerinin yangın dayanımlarının arttırılmaları da pasif güvenlik önlemleri kapsamında değerlendirilen çalışmalardır. Bu alandaki çalışmalar başlıca iki nokta üzerinde yoğunlaşmaktadır. Malzemelerin yanma düzeyleri ile ilgili standartları geliştirmek, zor yanar malzemelerin kullanımını kolaylaştırıp yaygınlaştırmak ve malzemelerin yanması sonucu oluşan zararlı gazların tespit edilip insan sağlığı üzerindeki etki mekanizmalarını aydınlatmak. Yapı elemanları ve malzemelerinin yangın dayanımlarının arttırılması sonucu, binaların yapısal çökmelere karşı daha dirençli olacağını, yanma sonucu oluşan dumanın, zehirliliğinin karmaşık yapısının ve yangın şiddetinin azalacağını düşünmek olasıdır (Gann vd. 2001).

2.3. ÇALIŞMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİNE AİT GENEL BİLGİLER

2.3.1. Sarıçam (Pinus Sylvestris L.)

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 meydana getirir. Odunu mat olup, parlak değildir. Taze halde iken reçine kokuludur. Dekoratif bir görünüşü vardır. Odunu oldukça sert ve orta ağırlıktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Mevcut çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılımı olan Sarıçam, Avrupa ve Asya'da yaklaşık 3700 km eninde ve 14700 km uzunluğunda çok geniş bir yayılım alanına sahiptir. Ülkemizde saf ve karışık olarak bir milyon hektara yakın bir saha üzerinde yayılmıştır. Kuzey Doğu Anadolu, Ardahan, Oltu, Posof, Sarıkamış dolaylarında çoğunlukla saf, Yanlızçam Dağları'nda saf veya Ladin ve Gökmar gibi diğer ağaç taksonları ile karışık olarak geniş ormanlar kurar. Karadeniz Bölgesi'nde Of, Sürmene, Artvin, Rize, Gümüşhane, Giresun, Amasya, Sinop ve Abant

çevresinde geniş bir yayılış gösteren Sarıçam Türkiye toplam orman alanının % 5,5'ini oluşturmaktadır (Yaltırık, 1994; Aslan, 1994; Anşin ve Özkan, 1993).

Yetiştirme muhiti Sarıçam odununun özellikleri üzerine çok etkilidir. Yüksek rakımlarda yıllık halkalar dar, deniz seviyesine yakın yerlerde ise geniştir. Dağlık bölgelerde yetişen üstün özellikli odunlarda koyu renkli bir öz odunu vardır. Alçak yerlerde yetişen üstün özellikli odunlarda da koyu renkli öz odunu oluşur. Kötü yetiştirme koşullarında öz odunu oluşmaz. Boyuna reçine kanalları enine, radyal ve teğet kesit düzlemlerinde çıplak gözle rahatlıkla görülür (Merev, 2003).

İlkbahar odunu traheitlerinin radyal çeperlerindeki kenarlı geçitler çoğunlukla üniseridir. Yaz odunu traheitlerinin teğet çeperlerinde de nadiren küçük çaplı kenarlı geçitlere rastlanabilir. Özışınları üniseri ve heterojendir. Özışını yüksekliği 15 hücreyi geçmez. Enine traheidler, özışını paransim hücrelerine göre daha bol miktarda olup, çeperleri belirgin testere dişi gibi kalınlaşma içerir. Enine traheitler bol miktarda küçük kenarlı geçitler içermektedir. Boyuna traheitlerle özışını paransim hücrelerinin karşılaşma yerlerinde pencere şeklinde geçitler vardır. Reçine kanalları normal boyuna ve enine kanallardır. Boyuna kanallar genellikle yaz odunu zonunda yer alır. Kanalların epitel hücreleri ince çeperlidir. Boyutları 100-150 mikrondur. Enine reçine kanalları öz ışınları mültiresidir (Merev, 2003).

Traheidlerin oduna katılım oranı % 93,1'dir. traheidlerin uzunluğu 1.8 - 4.5 mm ve teğet çapları 10- 50 µm'dur. Özışınları heterojen ve üniseridir. Enine reçine kanallarının bulunduğu özışınları multiseridir. Özışınları genellikle 1-12 bazen 15 den fazla hücrelidir. Karşılaşma yeri geçitleri 1-2 adet pencere tipindedir. Boyuna reçine kanalları tek tek ve çoğunlukla yaz odunu içinde ve çapları 100-150 µm olup epitel hücreleri ince çeperlidir (Bozkurt ve Erdin, 1989). Sarıçam odununda selüloz miktarı % 40-57, lignin miktarı % 25-29, pentozan miktarı % 8-11 ve alkol benzende çözünen ekstraktif madde miktarı % 3,4'dür (Bozkurt ve Erdin, 1989).

Sarıçam odunu kolay kurutulur, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır. İyi işlenebilme ve yapışma özelliğine sahiptir. Yüzey işlemlerinde, reçine sızıntısı nedeniyle güçlük meydana gelir. Öz odunu oldukça dayanıklı, diri odunu mantar ve

böceklere karşı hassas, odunun rutubeti % 25'ten fazla olduğu hallerde, 20–25 °C sıcaklıklarda mavi renk oluşumu görülür. Öz odun orta derecede güç, diri odun kolay emprenye edilmektedir. Binalarda iç ve dış maksatlarda, emprenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, maden direği, tel direği ve travers olarak, kaplama levha ile kâğıt endüstrisinde ve mobilya yapımında kullanılmaktadır (Aslan 1994; Bozkurt vd. 2000).

Tam kuru yoğunluğu (D_0) 0,49 g/cm³, hava kurusu yoğunluğu (D_{12}) 0,52 g/cm³ tür. E-modülü 11700 N/mm², eğilme direnci (σ_E) 98 N/mm², liflere paralel çekme direnci (σ_g) 102 N/mm², liflere paralel basınç direnci (σ_B) 54 N/mm² dir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Liflere paralel basınç direnci, 550 kg/cm², eğilme direnci, 1000 kg/cm², makaslama direnci, 100 kg/cm², dinamik eğilme direnci 0,4 kg/ cm², yarıma direnci 4,6 kg/ cm² 'dir (Örs ve Keskin, 2001).

2.3.2. Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* L.)

Fagaceae familyası türlerinden olup, ülkemizde doğal olarak yetişmektedir. Diri odun ile öz odun arasında renk farkı yoktur. Odunu kırmızımsı beyaz renktedir. Olgun odun özelliklerine sahiptir. Geniş öz ışınları çıplak gözle dahi görülebilmekte, 0,5-0,1 mm aralıkla uzanmakta ve kalın öz ışınları yıllık halka sınırında genişlemektedir. Radyal yüzeylerde koyu renkli geniş aynacıklar, teğet kesitte kırmızımsı iğ şeklinde lekeler halindedir. Odunu sert ve ağırdır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Doğu Kayını, genel görünüşü bakımından kardeş tür olan Avrupa kayını'na çok benzer. Avrupa kayınına göre daha yerel bir coğrafi yayılımı vardır. Kafkasya, Kuzey İran, Türkiye ve Kuzey Doğu Avrupa' da yayılır. Türkiye' de asıl yayılımını ve en iyi gelişimini Karadeniz sahillerinde yapmaktadır. Doğu'da Türk-Rus sınırından başlayarak tüm Karadeniz sahilleri boyunca batıya doğru Demirköy, Kırklareli bir başka deyişle, Istranca dağlarına kadar uzanır. Doğu Kayını 30-40 m.'ye kadar boylanabilen bir metrenin üzerinde çap yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli birinci

sınıf orman ağacıdır. Yaprakları elips ve ters biçiminde sivri ya da kısa uçludur (Anşin ve Özkan, 1993; Hafizoğlu, 1994).

Dağınık küçük traheli yapraklı ağaç grubundandır. Trahe çevresindeki paranzim hücrelerinde tül oluşmaktadır. Besi suyu iletme görevi yapan boyuna yönde vasküler traheidler bulunur. Kalın ve yüksek öz ışınları radyal kesitte parlak öz ışını levhaları oluşturur. Her üç kesitte de öz ışınları açık olarak görülür. Enine kesiti genellikle tek renklidir. 80-100 yaşından sonra kırmızı kahverengi bir öz odunu oluşur. Yaşlı ağaçlarda öz çürümüş durumdadır. Yıl halkaları enine kesitte oldukça belirgindir. Sonbahar halkası ilkbahar halkasına göre daha koyuca renktedir. Teğet kesitte ince parlak çizgiler, radyal kesitte sivri uçlu iğler şeklinde sıralanmıştır (Örs ve Keskin, 2001; Hafizoğlu, 1994).

Odun tabii halde kırmızımsı beyaz, fırınlanmış halde tuğla kırmızısı renktedir. İleri yaşlarda Meydana gelen kırmızımsı kahverenkli ve içerisinde daha koyu şeritler bulunan bir öz odun (kırmızı yürek) oluşur. Genellikle 80-100 yaşlarında oluşan bu yalancı öz odunu kusur sayılır. Kırmızı yürek odunun doğal güzelliğini bozar ve emprenye edilemez. Ayrıca, gevrek yapılı olup asitli koku yayar (Örs ve Keskin, 2001).

Ülkemizde mobilya yapımında kullanım alanı en geniş ağaçtır. Her çeşit masif mobilya işinde, iç doğramalarda, merdiven basamak ve korkuluklarında, parke döşemelerinde, dilme ve soyma kaplama olarak, yonga levha (Sunta) yapımında, araba ve ambalaj sanayinde, kalıp işlerinde, oturma mobilyası, bükme sandalye, alet sapı, iş tezgâhı, okul sırası yapımında, torna işlerinde çok kullanılır. Kimyasal boyalarla, değişik renklere boyanmaya elverişlidir. Her çeşit cila ve vernik işlemi başarı ile uygulanabilir (Bozkurt ve Erdin. 2000; Malkoçoğlu, 1994).

Tam kuru yoğunluğu (D_0) $0,68 \text{ g/cm}^3$, hava kurusu yoğunluğu (D_{12}) $0,72 \text{ g/cm}^3$ tür. E-modülü 15700 N/mm^2 , eğilme direnci (σ_E) 120 N/mm^2 , liflere paralel çekme direnci (σ_g) 132 N/mm^2 , liflere paralel basınç direnci (σ_B) 60 N/mm^2 dir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Liflere paralel basınç direnci, 644 kg/cm², eğilme direnci, 870 kg/cm², makaslama direnci, 150 kg/cm², dinamik eğilme direnci 1,0 kg/ cm², yarıлма direnci 8,6 kg/ cm²'dir (Örs ve Keskin, 2001).

İşlenmesi kolaydır. Körleştirme etkisi orta derecededir. Soyulabilir, kesilebilir, çok iyi tornalanabilir. Yapıştırma ve yüzey işlemlerinde güçlük yoktur. Boyanması iyi değildir. İyi renk verilebilir ve iyi cila kabul eder (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Geniş bir kullanım alanına sahiptir. Masif mobilya, bükme mobilya, spor aletleri, alet sapları, tornacılıkta, kontrplak, kaplama levha, parke, fiçı sanayinde, karoser yapımı, yonga levha, lif levha ve kagıt odunu olarak, emprenye edildiği takdirde travers yapımında kullanılır. Ayrıca odun kömürü yapımında da değerlendirilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

2.3.3. Ladin (*Picea Orientalis* L.)

Doğu Ladini (*Picea orientalis*), çamgiller (*Pinaceae*) familyasından 40-50 metre, bazen de 60 metre boylara ulaşan, 1,5-2 metre çap yapabilen, dolgun ve düzgün gövdeli, sivri tepeli önemli bir orman ağacı türü. Kabuk genç gövdelerde genelde açık renkli ve düzgün, yaşlı gövdelerde koyu renkli ve çatlaklıdır. Dallar çevrel olarak sık bir halde tüm gövdeye yerleşmiştir. Genç sürgünler ince, açık renkli ve tüylüdür. Tomurcuk kahverengi, sivri ve reçinesizdir. Doğu Ladini bilinen Ladin taksonlarının en kısa iğne yapraklısı olup uzunlukları 6-11 mm, uçları keskin değil, kör ya da küt olarak sonuçlanır. Cilalı görünümlü ve koyu yeşildir. Enine kesitleri dört köşelidir. Her yüzünde 1-4 sıra stoma çizgisi bulunur. İlk yaşlarda büyümesi çok yavaştır. Bu nedenle, silvikültürel yönden doğal ya da yapay gençleştirmede önemli diri örtü sorunu ile karşılaşmaktadır. Ancak 8-10 yaşlarından sonra büyüme hızlanmakta ve uzun yıllar sürmektedir (Anşın ve Özkan 1993; Hafizoğlu, 1994.)

Doğu Ladini odunu sarımsı beyaz renkte olup, boyuna kesitlerde ipek gibi parlaktır. Diri odun ve öz odun renk bakımından farksız olup gövdenin iç kısmında diri odun ile aynı renkte ancak su oranı daha az olan olgun odun bulunmaktadır. Yıllık halka sınırları belirgin ve yaz odunundan ilkbahar odununa geçiş tedricidir. Yıllık halka

içindeki yaz odunu kırmızımsı sarı renkte ve çok dar olup radyal kesitte birbirine paralel şeritler oluşturmaktadır. Yaz odunu katılım oranı % 6-50 arasında değişmekte olup en çok rastlanan değer % 22'dir. Dar ve seyrek bir şekilde dağılmış boyuna reçine kanalları genellikle yaz odunu içinde açık renkte noktacıklar halinde görülürler. Reçinesi sarı ile kahverengindedir. Çok ince olan özışınları çıplak gözle görülmemekle birlikte tam radyal kesilmiş yüzeylerde mat bantlar halinde fark edilirler (Örs ve Keskin, 2001; Hafizoğlu, 1994).

İlkbahar ve yaz odunu traheidleri toplamı Doğu Ladini odununun % 90'ını oluşturmaktadır. Traheid uzunluğu 1,1-6,3 mm arasında değişir. İlkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerindeki geçitler tek sıralıdır. Ayrıca boyuna traheidlerin iç yüzeylerinde spiral kalınlaşmalar bulunur. Özışınları üniseri ve heterojendir. Reçine kanalı bulunan iğimsi özışınları orta kısımda çok sıralıdır. Özışınlarının kenarlarında alt ve üst kısımlarda bir veya iki sıra halinde bazen arada olmak üzere özışını traheidleri bulunmaktadır. Özışını traheidlerinin çeperleri ince çoğunlukla dalgalı veya düzgündür. Özışını paranzim hücreleri kalın çeperli olup çok sayıda geçitleri vardır. Özışınlarının genel hacme katılım oranı % 8,61 civarındadır. Boyuna paranzim hücreleri yoktur (Örs ve Keskin, 2001; Hafizoğlu, 1994).

Doğu Ladini odununun tam kuru özgül ağırlık değeri ortalama olarak $0,416 \text{ g/cm}^3$ ve hava kurusu özgül ağırlık değeri $0,451 \text{ g/cm}^3$ 'tür (Mayes and Oksanan). Doğu Ladini odununun hava boşluğu oranı (porozite) % 72,0'dır. Doğu Ladini odununun içerisine alabileceği maksimum su miktarı hacim yoğunluk değerine ($0,366 \text{ g/cm}^3$) göre % 206,2 dir (Örs ve Keskin, 2001).

Mekanik özelliklerinden liflere paralel basınç direnci ortalama olarak, 644 kg/cm^2 ; eğilme direnci 870 kg/cm^2 ; makaslama direnci 150 kg/cm^2 ; yarılma direnci $8,6 \text{ kg/cm}^2$ dir (Örs ve Keskin, 2001).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

3.1. AĞAÇ MALZEME

Bu çalışmada; ahşap yapı ve mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılan Sarıçam (*Pinus Sylvestris L.*), Doğu Kayını (*Fagus Orientalis L.*) ve Ladin (*Picea Orientalis L.*) ağaçları kullanılmıştır.

Denemede kullanılan ağaç malzeme, piyasadan “Rasgele Seçim” yöntemi ile temin edilmiştir. Temin edilen ağaç malzemeler, hava kurusu hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra yapılacak olan deneylere göre ağaç malzemelerden kaba kesim yapılmıştır. Harmanlama işlemi kontrol grubunu ve diğer grupları temsil edecek şekilde yapılmıştır. Ağaç malzemenin budaksız, reçinesiz, büyüme kusurları bulunmayan, sağlam, düzgün lifli ve diri odun kısmı olmasına dikkat edilmiştir. Örneklerin hazırlanma işlemi Karabük Üniversitesi Safranbolu Meslek Yüksekokulu Uygulama Atölyesi, Ahşap Kültürünü Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

3.2. ÜST YÜZEY MADDELERİ

Deneylerde üç farklı üst yüzey kaplayıcı kullanılmıştır. Bunlar; ecelak boya, sayerlak boya ve nano verniktir.

3.2.1. Ecelak Boya

Ecelak Antiflam boya; poliüretan esaslı yangın geciktirici özelliğine sahip bir boyadır. Şimdiye kadar, alevin yayılmasını geciktiren iki boya tipi geliştirilmiştir. Bunlar; tutuşmayan malzemelerden yapılmış yanma geciktirici tip boya ve

kaplamalar ve yanıcı bir maddeyi, ısıdan izole etmeye ya da ayırmaya yarayan ve ısıtıldıklarında köpük bir yapı oluşturan (INTUMESAN) tip malzemelerdir.

INTUMESAN; Plastik ya da öteki materyallerin yüksek yüzey sıcaklığına ya da alev maruz bırakıldıklarında köpürmesi ya da şişmesidir (Ecelak Boya Kimya Ltd. Şti., 2012).

Yangın geciktirici tip boyaların uygulanmasını gerektiren alanlar üç genel bölüme ayrılırlar. Bunlar; yapıların iç yüzeyleri, yanıcı maddelerin dış yüzeyleri, yanmayan maddelerin kapladığı iç bölümler (Çelik gemilerde güverte altı bölümlerinin boyanmış yüzeyleri). Bu tip uygulama yöntemi kalıcı bir koruma sağlar ve yalnızca malzemenin sönmesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda yıkama ve temizleme işlemleri sonucu bünyeden çıkmaz.

Bu tip yöntem için ise; alev geciktiricili (flame-retardant) malzeme bağlanmış polimerler ya da polietilen tetraftalatdan oluşmuş polyester fiberler kullanılır. Intumescence sisteme uygun, yeterli bir film kalınlığı elde etmek için boyanın en azından iki kalın kat uygulanması önerilir. Intumescent temel olarak, boya yeterli sıcaklığa ısıtıldığında, ilk üç girdiden oluşan gaz çıkışına bağlıdır. Bu su çözümlü girdiler, boya uygun biçimde formüle edildiğinde çıkmaya karşı (leaching) bir hayli dayanıklıdır (Ecelak Boya Kimya Ltd. Şti., 2012).

3.2.2. Sayerlak Boya

Sayerlak boya; poliüretan esaslı yangın geciktirici özelliğine sahip bir boyadır. Düz yüzeyler (kapılar), monte edilmiş mobilyalar, köşeli parçalar, termoplastik malzemelerle yapıştırılmış kaplamalar, hava boşluğu bulunan monte edilmiş gözenekli veya lamine parçalar ve boşlukları farklı malzemelerle doldurulmuş parçalar üzerinde kullanılmamalıdır (Hemel Emp. San. ve Tic. A.Ş., 2012).

Boyaların teknik özellikleri Çizelge 3.1'de TU 22/13 ve Çizelge 3.2'de TZ 2225/13 verilmiştir.

Çizelge 3.1. TU 22/13 teknik özellikleri.

Kullanım şekli	Tabanca		
Karışım oranı		Ağırlıkça	Hacimce
	TU 22/13	100	100
	TH 333	50	60
Katı madde oranı (%)	TU 22/13: 76 ± 2		TH 333: 24 ± 1
Özgül ağırlık (kg/lt)	TU 22/13: 1,220 ± 0,030		TH 333: 1 ± 0,030
Viskozite (DIN4, 20°C)	TU 22/13		140 ± 10 saniye
	TU 22/13 + TH 333		18 ± 2 saniye
Kuruma süresi	Toz kuruluğu		5 dakika
	Dokunma kuruluğu		80 dakika
	İstifleme kuruluğu		24 saat
Karışımın	Kullanım süresi		3 saat

TU 22/13 ahşabın gözeneklerini çok iyi ıslatır, mükemmel bir dayanım ve yayılım sağlar. TZ 2225/13 mükemmel çizilme direncine sahiptir. Sistem yangın geciktirici cilaların tipik sorunlarını çözmektedir. Kuruma süresi ve uygulama yöntemi açısından diğer poliüretan sistemlerle benzerdir.

Çizelge 3.2. TZ 2225/13 teknik özellikleri.

Parlaklık	25		
Kullanım şekli	Tabanca		
Karışım oranı		Ağırlıkça	Hacimce
	TZ 2225/13	100	100
	TH 333	50	65
Katı madde oranı (%)	TZ 2225/13: 59 ± 2		TH 333: 24 ± 1
Özgül ağırlık (kg/lt)	TZ 2225/13: 1,150 ± 0,030		TH 333: 1 ± 0,030
Viskozite (DIN4, 20°C)	TZ 2225/13		160 ± 10 saniye
	TZ 2225/13 + TH 333		20 ± 2 saniye
Kuruma süresi	Toz kuruluğu		15 dakika
	Dokunma kuruluğu		90 dakika
	İstifleme kuruluğu		24 saat
Karışımın	Kullanım süresi		3 saat

3.2.3. Nano Vernik

Nano vernik; poliüretan esaslı yangın geciktirici özelliğine sahip bir boyadır. Ahşabın hemen tutuşmasını önleyerek yangının ilerleme hızını azaltan ve toksik duman çıkarmayan Yangın Geciktirici Cila Sistemleri, insanların topluca bulunduğu kapalı ve riskli mekânlarda yangına karşı ek güvenlik sağlıyor. Mekânın güvenli biçimde boşaltılması için gereken zamanı kazandırıyor.

Şeffaf cila sistemi (TA) : TU 22 dolgu verniği TZ 22xx son kat cila (mat, ipekmat, parlak)

Beyaz lake sistemi (TB) : TU 22/13 beyaz astar TZ 22xx/13 son kat beyaz boya (mat, ipekmat, parlak)

Renkli lake sistemi (TC) : TU 22/13 beyaz astar TZ 22xx/xx son kat renkli boya (mat, ipekmat, parlak)

Su bazlı lake sistemi (TD) : AF 22/xx beyaz astar ve renkli lake son kat (mat)

Yangın geciktirici cilaların etkisi 2 aşamalıdır. 200 dereceye kadar normal bir yangın geciktirici etkisi gösterirken, 200 dereceden sonra bu etkiye ek olarak film tabakası köpürüp birkaç santimetre kabarıp, yüzeyde karbonlaşarak alevin ilerlemesini geciktirir. Avrupa ve Amerika'da insanların toplu olarak buldukları oteller, sinema salonları, tiyatro, alışveriş merkezleri, mağazalar, hastaneler, restoranlar, oditoryumlar, okullar, spor salonu vb. mekânlardaki ahşaplarda yangın geciktirici cilalar kullanılması yönetmelik gereğidir (Hemel Emp. San. ve Tic. A.Ş., 2012).

Su ve neme karşı dayanıklı olup, düşük sertlik direncine sahiptir. Rutubet dayanıklılığı sebebiyle açık hava şartlarında, suyla temas eden yerlerde ve yüksek rutubet ortamlarında kullanılan, yüksek direnç özellikleri gerektirmeyen mobilya ve dekorasyon elemanlarında tercih edilirler. Çözücü olarak petrol ve hidrokarbon grubu sıvılardan yararlanıldığı için de buharlaşma yavaş, tam kuruma süresi 3–4 gün kadardır (Sönmez ve Budakçı, 2004).

3.3. DENEY METODU

3.3.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örneklerinin hazırlanmasında Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin ağaçlarından seçilen örnekler, TS 345, TS 1476 standartlarına göre, ağacı temsil edecek şekilde budaksız, ardaksız, sağlam, düzgün lifli, diri odun kısmından, reçinesi ve büyüme kusuru bulunmayan parçalardan seçilerek hazırlanmıştır. Deney numune ölçüleri ASTM-E-69'a göre $9,5 \times 19 \times 1016 \text{ mm} \pm 0,8 \text{ mm}$ boyutlarında düzgün şekilde kesilmiştir.

Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin ağaçlarına 3 değişik yangın geciktiricili üst yüzey sistemi uygulaması için ve kontrol uygulaması için 15'er adet deney numuneleri hazırlanmıştır. Buna göre; $4 \times 15 = 60$ adet Sarıçam, $4 \times 15 = 60$ adet Doğu Kayını ve $4 \times 15 = 60$ adet Ladin ağaç malzeme olmak üzere toplam 180 adet örnek hazırlanmıştır.

ASTM-E-69'a göre yanma testi yapılacak malzemelerin rutubeti tam kuru ağırlığına oranla $\%12 \pm 3$ olması gerekmektedir. Bunun için örnekler klimatize dolabında $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemde $\%12$ rutubet dengesi oluşuncaya kadar kurutulmuştur.

3.3.2. Özgül Ağırlıklar

3.3.2.1. Hava Kuru Özgül Ağırlık

Örneklerin rutubetleri TS 2471, özgül ağırlıkları TS 2472 esaslarına uyularak belirlenmiştir. Buna göre; deney örnekleri $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% 65 \pm 3$ bağıl nem şartlarındaki kabinde değişmez ağırlığa ulaşuncaya kadar bekletildikten sonra 0.001 g duyarlıklı analitik terazide tartılmış, boyutları ± 0.01 mm duyarlıklı kumpas ile ölçülerek hacimleri stereometrik metot ile belirlendikten sonra hava kuru haldeki ağırlık (M_{12}) ve hacim (V_{12}) değerine göre hava kuru özgül ağırlık (δ_{12});

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \text{ g/cm}^3 \quad (3.1)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada;

M_{12} = Örnek ağırlığı (g)

V_{12} = Örnek hacmi (cm^3) ifade etmektedir.

3.3.2.2. Tam Kuru Özgül Ağırlık

Deney örneklerinin tam kuru özgül ağırlık değerlerini belirlemek için hava kuru haldeki örneklerden yararlanılmıştır. Bu maksatla TS 2472 esaslarına uyulmuştur. Buna göre hava kuru haldeki örnekler 103 ± 2 °C sıcaklıktaki havalandırılabilen etüvde değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Tam kuru hale gelen örnekler, kurutma fırınından alınarak içerisinde CaCl_2 bulunan desikatörde soğutulduktan sonra 0,001 g duyarlıklı elektronik terazide tartılmıştır. Örneklerin boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri stereo metrik metod ile hesaplandıktan sonra tam kuru özgül ağırlıkları (δ_0), tam kuru ağırlık (M_0) ve hacim (V_0) değerlerine göre;

$$\delta_0 = \frac{M_0}{V_0} \text{ g/cm}^3 \quad (3.2)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

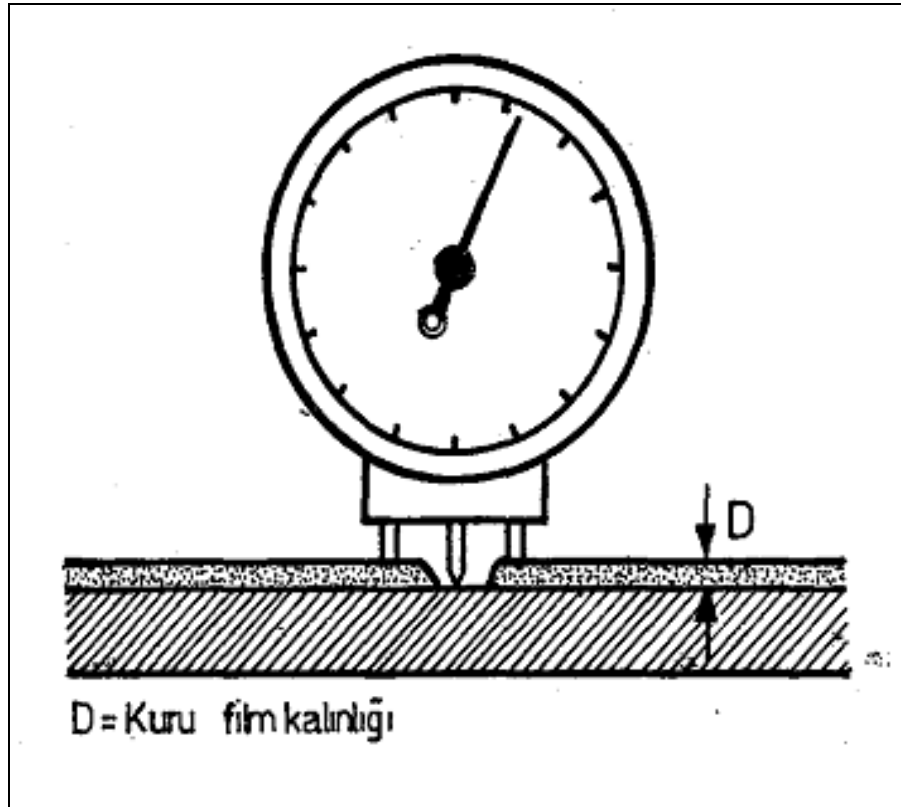
3.3.3. Üst yüzey işlemi

Üst yüzey işlemlerinde ecelak boya, sayerlak boya ve nano vernik olmak üzere üç çeşit üst yüzey malzemesi uygulanmıştır. Deney numunelerinin üst yüzey işleminde ASTM-D 3023 esasları dikkate alınmıştır.

Hazırlanan üst yüzey malzemeleri üretici firmaların önerileri doğrultusunda örneklere püskürtme tabancası ile uygulanmıştır. 24 saat beklendikten sonra 180 numara kum zımpara ile zımparası yapılan örneklere yine üretici firma önerilerine uygun olarak son kat uygulanmış ve % 12 rutubet için $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarında üç hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır. Örneklerin yüzeylerine vernik uygulaması, üretici firmanın uygulaması gereken vernik miktarı önerilerine uyularak 0,01 hassasiyetli elektronik tartı ile tartılıp yapılmıştır.

3.3.4. Vernik Katman Kalınlığı

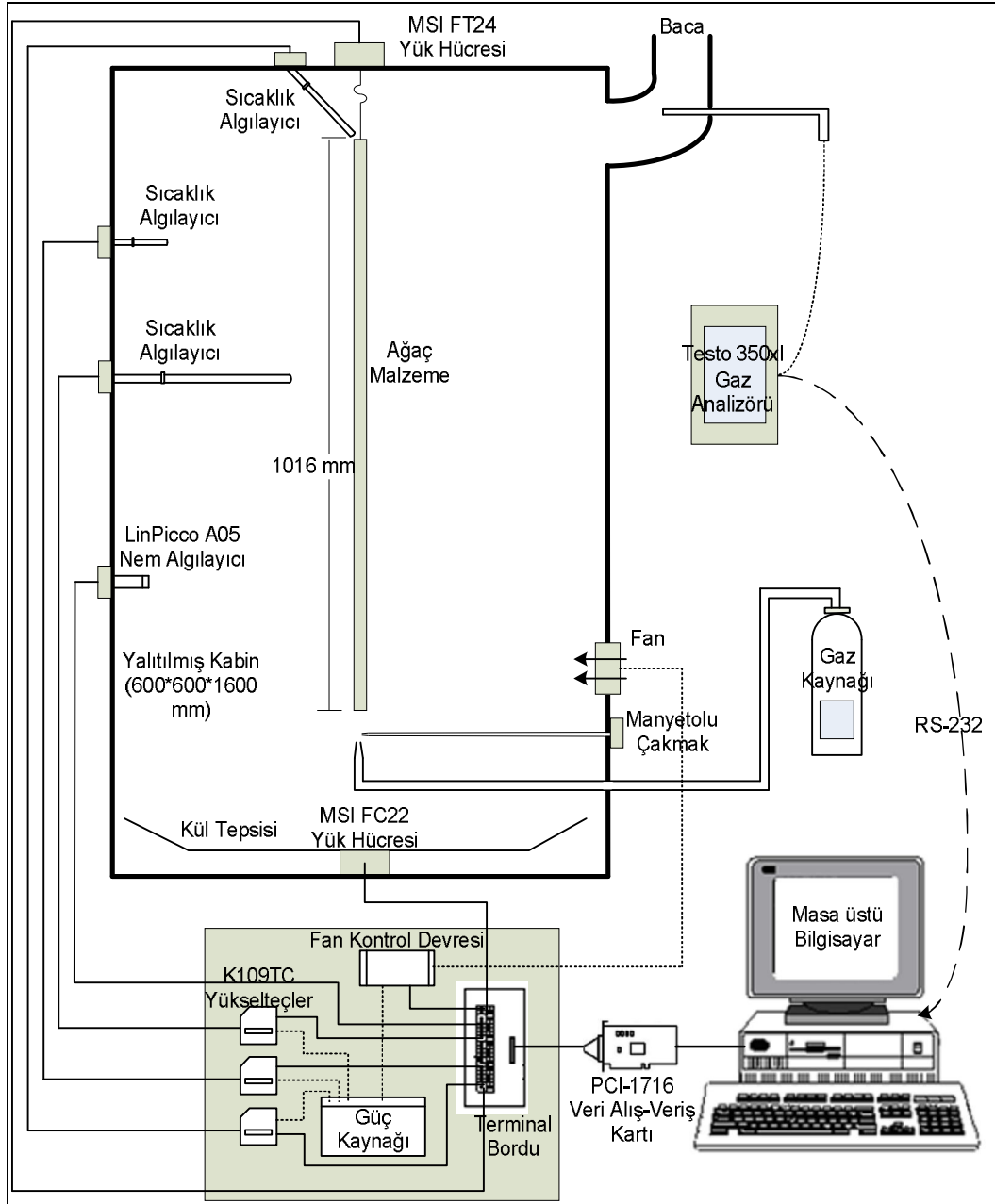
Ağaç malzeme üzerine uygulanan verniklerin katman kalınlıkları karşılaştırmalı testlerde önemli bir etkindir. Deney numunelerine sürülen ve tam kuruması gerçekleşen vernik katman kalınlıkları 5 μm (mikron) hassasiyetle ölçüm yapabilen komperatörle ölçüm yapılmıştır. Komperatör Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Komperatör.

3.3.5. Yanma Deneyi

Yanma deneyleri, ASTM E-69 prensiplerine göre hazırlanmış bilgisayar kontrollü ağaç malzeme yanma düzeneğinde yapılmıştır. Yanma deneyi, her örnek için 4 dakika alev kaynaklı ve 6 dakika alev kaynaksız yanma olmak üzere toplam 10 dakika boyunca devam etmektedir. Yanma düzeneği Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Bilgisayar kontrollü yanma düzeneği.

3.3.6. Baca Gazı Analizi

Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL üç parçadan oluşmaktadır. Bunlar; Kontrol ünitesi, analiz kutusu ve Prob'dur.

Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil.3.3. Analiz cihazı testo t350 xl ana parçaları.

Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL bazı ölçüm parametreleri aşağıda verilmiştir.

Sıcaklık Ölçümü

Ölçüm Aralığı	: -40 ile +1200°C
Doğruluk	: ±0.5°C (0 ile +99.9°C)
Çözünürlük	: 0.1/1°C (+1000°C)
Sıcaklık Sensörü	: Type K (NiCr-Ni)
Tepki Süresi	: t 90 <30s

CO Ölçümü

Ölçüm Aralığı	: 0-8000 ppm
Doğruluk	: ±20 ppm
Çözünürlük	: % 0.1

Ölçme işlemi : Elektrokimyasal ölçü hücresi.

Tepki Süresi : t 90 <30s

NO ölçümü

Ölçüm Aralığı : 0 ile NO max

Doğruluk : ±% 0.2

Çözünürlük : % 0.1

Ölçme işlemi : Elektrokimyasal ölçü hücresi.

Tepki Süresi : t 90 <30s

O₂ ölçümü

Ölçüm Aralığı : % 0–21

Doğruluk : ± % 0.2

Çözünürlük : % 0.1

Ölçme işlemi : Elektrokimyasal ölçü hücresi.

Tepki Süresi : t 90 <20s

3.4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, ağaç türü, üst yüzey işlem türleri, malzemelerin alevli - alevsiz yanma direnci ve yanma ürünü olarak açığa çıkan gazlar araştırılmıştır. Bu verileri belirlemek amacıyla deneylerden elde edilen sonuçlara SPSS istatistik paket programı kullanılarak çoklu varyans analizi uygulanmıştır. Faktörlerin karşılıklı etkileşiminin %5 hata payı ile anlamlı çıkması halinde önem derecesini belirtmek için Duncan testi uygulanmıştır.

BÖLÜM 4

BULGULAR

4.1. AĞAÇ MALZEMELERİN ÖZGÜL AĞIRLIKLARI

Kullanılan ağaç malzemelerin tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlıkları ölçülerek elde edilen değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kullanılan ağaç malzemelerin özgül ağırlık değerleri (g/cm³).

Ağaç Türü	Tam Kuru Özgül Ağırlık g/cm ³	Hava Kurusu Özgül Ağırlık g/cm ³
Sarıçam	0,49	0,52
Doğu Kayını	0,65	0,70
Ladin	0,38	0,42

Çizelge 4.1.’de görüldüğü gibi, özgül ağırlık değeri en yüksek Doğu Kayını ağaç malzeme örneğinde, daha sonra da Sarıçam ağaç malzeme örneğinde görülmektedir. En düşük özgül ağırlık değeri ise Ladin ağaç malzeme örneğinde görülmektedir.

4.2. VERNİKLERİN KATMAN KALINLIKLARI

Verniklerin ağaç malzemeler yüzeyindeki katman kalınlıkları (µm) ölçülmüş ve elde edilen değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Verniklerin ağaç malzemeler yüzeyindeki katman kalınlıkları (μm).

Ağaç Türü	Üst Yüzey İşlem Türü		
	Ecelak boya	Sayerlak Boya	Nano vernik
Sarıçam	106	105	94
Doğu Kayını	112	109	100
Ladin	99	98	92

Yapılan ölçüm sonucunda, Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi, en fazla katman kalınlığı ecelak boyalı ağaç malzeme örneklerinde daha sonra sırasıyla sayerlak boyalı ve nano vernikli ağaç malzeme örneklerinde olduğu tespit edilmiştir.

4.3. YANMA DENEYLERİNİN SONUÇLARI

4.3.1. Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

4.3.1.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.3’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	4,13	3,76	1,69	3,64
2*	8,86	7,06	3,05	7,36
3*	13,97	9,28	4,45	10,52
4*	20,68	11,27	5,67	13,41
5*	27,68	12,94	7,38	17,35
6*	35,03	14,21	8,68	21,90
7*	42,11	16,52	10,96	26,58
8*	47,43	18,53	12,39	29,29
9	56,17	19,29	13,94	30,89
10	63,81	21,44	15,63	31,96
11	73,80	22,86	17,60	32,46
12	82,81	23,81	20,00	32,55
13	87,74	24,46	21,30	33,05
14	89,85	25,02	22,59	33,16
15	95,29	25,97	23,57	33,65
16	96,53	26,61	24,81	33,74
17	97,10	27,12	27,00	33,82
18	97,46	27,59	27,77	34,28
19	97,67	28,12	28,48	34,44
20	98,16	28,75	29,11	34,64

* Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı, % 47,43 ile kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 12,39 ile sayerlak boyalı örneklerde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı, % 98,16 ile yine kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 28,75 ile ecelak boyalı örneklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki % ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	796179,000 (a)	79	10078,215	366,019	0,000
Sabit Terim	1158778,795	1	1158778,795	42084,348	0,000
A:Üst yüzey işlemi	393993,693	3	131331,231	4769,667	0,000
B:Ölçüm zamanı	260199,377	19	13694,704	497,362	0,000
Etkileşim A*B	141985,929	57	2490,981	90,467	0,000
Hata	30838,834	1120	27,535		
Toplam	1985796,629	1200			
Düzeltilmiş Toplam	827017,834	1199			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.1.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.5’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	2,38	2,77	2,18	3,21
2*	4,94	3,70	3,68	6,36
3*	8,14	4,73	4,95	8,75
4*	14,56	6,37	7,55	11,45
5*	23,01	7,57	9,80	14,21
6*	32,41	9,85	14,08	17,66
7*	38,12	14,19	17,19	22,86
8*	44,66	16,33	19,33	27,40
9	51,73	17,55	20,07	28,33
10	59,50	19,60	21,91	28,54
11	69,52	20,55	23,37	29,30
12	75,56	22,22	24,74	29,72
13	81,29	23,26	26,53	30,20
14	84,91	24,57	28,07	31,21
15	87,41	25,42	28,67	32,80
16	91,02	26,02	28,83	33,34
17	93,23	26,71	30,02	33,46
18	95,45	27,40	30,82	33,56
19	96,11	27,58	30,88	33,81
20	97,82	27,76	30,97	33,93

* Alev kaynaklı yanma

Doğu Kayını ağaç malzemesinin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı, % 44,66 ile kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 16,33 ile ecelak boyalı örneklerde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı, % 97,82 ile yine kontrol

örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 27,76 ile yine ecelak boyalı örneklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki % ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	724147,255 (a)	79	9166,421	532,402	0,000
Sabit Terim	1079995,058	1	1079995,058	62727,996	0,000
A:Üst yüzey işlemi	311647,424	3	103882,475	6033,675	0,000
B:Ölçüm zamanı	281522,119	19	14816,954	860,595	0,000
Etkileşim A*B	130977,711	57	2297,855	133,463	0,000
Hata	19283,168	1120	17,217		
Toplam	1823425,480	1200			
Düzeltilmiş Toplam	743430,423	1199			

(a) $R^2 = 0,974$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.1.3. Ladin Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Ladin ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.7’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ladin ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	3,33	1,89	2,42	3,85
2*	7,17	3,72	3,23	5,76
3*	11,16	5,29	4,94	8,39
4*	16,72	7,47	7,15	12,81
5*	27,94	9,56	9,99	18,05
6*	36,88	14,96	10,58	25,31
7*	43,66	18,44	13,86	27,10
8*	50,28	21,26	14,53	30,24
9	58,10	23,08	14,98	30,92
10	62,84	24,48	16,33	31,73
11	73,00	25,15	18,21	32,54
12	79,78	26,63	19,96	33,45
13	85,46	27,45	21,50	33,88
14	89,66	28,14	25,78	34,02
15	91,91	28,93	29,62	34,27
16	93,59	29,34	30,77	34,41
17	95,03	29,77	31,11	34,67
18	96,41	30,50	32,90	34,89
19	97,34	31,04	33,78	35,61
20	98,45	31,46	35,24	36,12

* Alev kaynaklı yanma

Ladin ağaç malzemesinin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı, % 50,28 ile kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 14,53 ile sayerlak boyalı örneklerde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı, % 98,45 ile yine kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 31,46 ile ecelak boyalı örneklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki % ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	770734,810 (a)	79	9756,137	838,424	0,000
Sabit Terim	1221628,606	1	1221628,606	104984,458	0,000
A:Üst yüzey işlemi	347651,466	3	115883,822	9958,837	0,000
B:Ölçüm zamanı	297155,412	19	15639,759	1344,051	0,000
Etkileşim A*B	125927,933	57	2209,262	189,860	0,000
Hata	13032,634	1120	11,636		
Toplam	2005396,051	1200			
Düzeltilmiş Toplam	783767,445	1199			

(a) $R^2 = 0,983$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

Ağaç malzeme türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak % ağırlık kaybı ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.9'da verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün % ağırlık kaybı ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.9. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün % ağırlık kaybı ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Üst Yüzey İşlem Türü	Ağaç Malzeme Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Kontrol	Sarıçam	61,81	e
	Doğu Kayını	57,59	d
	Ladin	60,93	e
Ecelak Boya	Sarıçam	19,73	b
	Doğu Kayını	17,71	ab
	Ladin	20,93	b
Sayerlak Boya	Sarıçam	16,30	a
	Doğu Kayını	20,18	b
	Ladin	18,84	ab
Nano Vernik	Sarıçam	26,43	c
	Doğu Kayını	24,50	c
	Ladin	26,90	c

Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, ecelak boya, sayerlak boya ve nano vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış, Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde ağaç malzemelerin istatistiksel olarak karşılaştırılmalarının yapılması sonucu, tüm üst yüzey işlem türlerinde Sarıçam ve Ladin ağaç malzeme örnekleri arasında fark görülmemiştir.

4.3.2. Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

4.3.2.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.10'da, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde üst sıcaklık ortalama değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	63,70	92,78	79,72	111,40
2*	80,51	113,34	98,77	131,60
3*	101,37	129,77	115,34	149,66
4*	125,96	149,49	127,10	175,40
5*	155,44	162,16	138,80	196,20
6*	184,84	174,53	151,00	215,06
7*	207,54	187,01	161,29	219,73
8*	231,28	203,13	168,56	216,20
9	288,68	203,97	173,48	209,13
10	395,73	188,72	164,64	190,86
11	510,07	174,64	155,22	176,73
12	551,79	160,22	146,82	164,66
13	541,86	148,24	139,45	154,86
14	491,80	138,01	136,44	145,93
15	426,43	128,94	136,34	139,60
16	362,00	119,46	135,68	131,33
17	312,85	113,66	136,09	126,40
18	274,92	107,66	132,98	121,53
19	244,54	102,52	119,97	117,06
20	223,73	97,65	107,85	103,06

* Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen üst sıcaklık ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek üst sıcaklık 551,79 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 173,48 °C ile sayerlak boyalı örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	12448380,263 (a)	79	157574,434	102,376	0,000
Sabit Terim	39929861,123	1	39929861,123	25942,488	0,000
A:Üst yüzey işlemi	4608760,914	3	1536253,638	998,106	0,000
B:Ölçüm zamanı	2798570,606	19	147293,190	95,697	0,000
Etkileşim A*B	5041048,744	57	88439,452	57,459	0,000
Hata	1723868,735	1120	1539,169		
Toplam	54102110,121	1200			
Düzeltilmiş Toplam	14172248,998	1199			

(a) $R^2 = 0,878$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen üst sıcaklık ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen üst sıcaklık ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.2.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.12’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinde üst sıcaklık ortalama değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	74,33	76,18	78,93	89,66
2*	98,96	92,05	96,46	109,54
3*	127,06	104,93	112,07	126,64
4*	165,16	119,90	128,67	147,45
5*	206,90	134,20	143,13	165,32
6*	243,40	148,83	153,73	181,46
7*	266,73	156,33	156,73	199,15
8*	291,78	159,64	156,27	207,78
9	337,73	158,47	150,40	207,19
10	423,11	146,58	137,73	189,67
11	488,46	133,49	126,33	173,39
12	539,26	123,41	115,80	159,44
13	581,94	114,78	107,06	147,70
14	546,39	106,31	100,06	139,11
15	494,32	100,30	93,80	131,36
16	434,49	94,77	88,80	124,27
17	361,69	90,84	84,00	116,91
18	301,00	86,73	80,46	111,43
19	264,72	83,27	77,06	106,23
20	230,44	80,20	73,60	102,50

* Alev kaynaklı yanma

Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen üst sıcaklık ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek üst sıcaklık 581,94 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 156,73 °C ile sayerlak boyalı örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	16801211,390 (a)	79	212673,562	288,580	0,000
Sabit Terim	36680845,520	1	36680845,520	49772,883	0,000
A:Üst yüzey işlemi	9100015,411	3	3033338,470	4115,990	0,000
B:Ölçüm zamanı	2649863,133	19	139466,481	189,245	0,000
Etkileşim A*B	5051332,845	57	88619,874	120,250	0,000
Hata	825400,195	1120	736,964		
Toplam	54307457,105	1200			
Düzeltilmiş Toplam	17626611,585	1199			

(a) $R^2 = 0,953$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen üst sıcaklık ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen üst sıcaklık ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.2.3. Ladin Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Ladin ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.14'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Ladin ağaç malzeme örneklerinde üst sıcaklık ortalama değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	99,88	98,11	93,86	117,95
2*	128,22	115,88	111,93	139,97
3*	159,22	128,11	124,33	157,23
4*	183,22	147,77	137,40	176,00
5*	206,00	161,66	146,46	195,58
6*	220,33	173,55	157,73	211,03
7*	233,11	179,11	168,33	211,58
8*	248,55	178,33	166,73	207,22
9	267,55	171,55	157,66	198,32
10	302,33	160,33	145,40	182,64
11	325,11	148,33	131,86	168,94
12	316,77	138,55	119,20	157,15
13	311,66	130,00	112,80	147,64
14	287,77	123,22	106,40	139,67
15	255,55	117,44	99,80	134,27
16	228,55	112,66	95,40	127,07
17	203,22	108,44	90,80	122,13
18	187,00	104,33	87,33	116,30
19	171,77	100,66	84,86	112,06
20	159,33	97,66	81,86	107,36

* Alev kaynaklı yanma

Ladin ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen üst sıcaklık ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek üst sıcaklık 325,11 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 168,33 °C ile sayerlak boyalı örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	3927073,013 (a)	79	49709,785	164,542	0,000
Sabit Terim	30439428,052	1	30439428,052	100755,949	0,000
A:Üst yüzey işlemi	1907955,397	3	635985,132	2105,141	0,000
B:Ölçüm zamanı	1248026,128	19	65685,586	217,422	0,000
Etkileşim A*B	771091,487	57	13527,921	44,778	0,000
Hata	338363,735	1120	302,110		
Toplam	34704864,800	1200			
Düzeltilmiş Toplam	4265436,748	1199			

(a) $R^2 = 0,921$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen üst sıcaklık ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen üst sıcaklık ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

Ağaç malzeme türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak üst sıcaklık ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.16'da verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün üst sıcaklık ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.16. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün üst sıcaklık ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Üst Yüzey İşlem Türü	Ağaç Malzeme Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Kontrol	Sarıçam	288,75	f
	Doğu Kayını	323,89	g
	Ladin	224,76	e
Ecelak Boya	Sarıçam	144,79	bc
	Doğu Kayını	115,57	a
	Ladin	134,78	b
Sayerlak Boya	Sarıçam	136,28	b
	Doğu Kayını	113,05	a
	Ladin	121,01	a
Nano Vernik	Sarıçam	159,82	d
	Doğu Kayını	146,81	bc
	Ladin	156,51	cd

Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, ecelak boya, sayerlak boya ve nano vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış, Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin ağaç malzeme örneklerinin üst sıcaklık ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde ağaç malzemelerin istatistiksel olarak karşılaştırılmalarının yapılması sonucu, sayerlak boyalı Doğu Kayını ve Ladin ağaç malzeme örnekleri arasında fark görülmemiştir.

4.3.3. Ölçülen % O₂ Değerleri

4.3.3.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O₂ Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.17’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde % O₂ ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	20,75	20,47	20,10	20,30
2*	20,51	20,31	19,73	19,80
3*	20,19	20,15	19,59	19,26
4*	19,95	19,98	19,51	19,19
5*	19,65	19,76	19,43	18,91
6*	19,32	19,58	19,35	18,76
7*	18,95	19,35	19,27	18,54
8*	18,60	19,28	19,25	19,25
9	18,25	19,03	19,38	19,44
10	17,95	18,84	19,51	19,88
11	17,67	18,89	20,11	20,54
12	17,41	19,13	20,39	20,76
13	17,32	19,64	20,55	20,82
14	17,55	20,19	20,60	20,84
15	18,17	20,56	20,61	20,87
16	18,76	20,73	20,63	20,96
17	19,76	20,91	20,63	20,97
18	20,56	20,94	20,71	20,97
19	20,86	20,96	20,86	20,97
20	20,94	20,97	21,01	20,98

* Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O₂ ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük % O₂ değeri (en fazla oksijen kaybı) % 17,32 ile kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O₂ değeri (en az oksijen kaybı) % 19,25 ile sayerlak boyalı örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki % O₂ ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	1107,726 (a)	79	14,022	78,261	0,000
Sabit Terim	471827,406	1	471827,406	2633439,171	0,000
A:Üst yüzey işlemi	180,938	3	60,313	336,627	0,000
B:Ölçüm zamanı	484,381	19	25,494	142,290	0,000
Etkileşim A*B	442,407	57	7,762	43,320	0,000
Hata	200,668	1120	0,179		
Toplam	473135,800	1200			
Düzeltilmiş Toplam	1308,394	1199			

(a) R² = 0,847

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % O₂ ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % O₂ ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.3.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O₂ Değerleri

Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.19'da, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinde % O₂ ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	20,52	20,11	20,36	20,05
2*	19,90	19,73	19,86	19,75
3*	19,07	19,54	19,61	19,64
4*	18,62	19,35	19,27	19,59
5*	18,24	19,08	19,25	19,31
6*	17,86	18,78	19,28	19,10
7*	17,81	18,66	19,43	19,07
8*	17,74	18,90	19,67	19,05
9	17,68	19,14	19,85	19,29
10	17,40	19,53	20,37	19,86
11	17,28	20,13	20,67	20,25
12	17,61	20,32	20,84	20,51
13	18,28	20,48	20,92	20,56
14	18,91	20,62	20,94	20,65
15	19,55	20,70	20,97	20,71
16	20,08	20,85	20,98	20,73
17	20,33	20,88	20,98	20,73
18	20,44	20,88	20,98	20,74
19	20,53	20,89	20,98	20,74
20	20,72	20,90	20,98	20,74

* Alev kaynaklı yanma

Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O₂ ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük % O₂ değeri (en fazla oksijen kaybı) % 17,28 ile kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O₂ değeri (en az oksijen kaybı) % 19,25 ile sayerlak boyalı örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.20. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki % O₂ ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	1201,268 (a)	79	15,206	164,157	0,000
Sabit Terim	471426,476	1	471426,476	5089315,554	0,000
A:Üst yüzey işlemi	333,731	3	111,244	1200,937	0,000
B:Ölçüm zamanı	646,721	19	34,038	367,459	0,000
Etkileşim A*B	220,817	57	3,874	41,822	0,000
Hata	103,746	1120	0,093		
Toplam	472731,491	1200			
Düzeltilmiş Toplam	1305,015	1199			

(a) $R^2 = 0,921$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % O₂ ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % O₂ ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.3.3. Ladin Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O₂ Değerleri

Ladin ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.21'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Ladin ağaç malzeme örneklerinde % O₂ ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	20,24	20,11	20,35	20,12
2*	19,77	19,54	19,83	19,66
3*	19,24	19,24	19,60	19,37
4*	18,87	19,05	19,38	19,11
5*	18,71	18,80	19,14	18,89
6*	18,60	18,65	18,94	18,83
7*	18,53	18,66	19,16	19,03
8*	18,45	18,94	19,43	19,48
9	18,21	19,18	19,65	19,64
10	18,33	19,52	20,21	19,96
11	18,56	20,01	20,36	20,78
12	18,98	20,35	20,65	20,86
13	19,51	20,47	20,82	20,91
14	19,97	20,58	20,90	20,93
15	20,16	20,65	20,94	20,95
16	20,36	20,71	20,95	20,95
17	20,53	20,73	20,95	20,95
18	20,65	20,74	20,99	20,98
19	20,77	20,87	20,99	20,98
20	20,85	20,96	20,99	20,98

* Alev kaynaklı yanma

Ladin ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O₂ ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük % O₂ değeri (en fazla oksijen kaybı) % 18,21 ile kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O₂ değeri (en az oksijen kaybı) % 18,94 ile sayerlak boyalı örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki % O₂ ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	896,600(a)	79	11,349	327,847	0,000
Sabit Terim	476984,730	1	476984,730	13778579,002	0,000
A:Üst yüzey işlemi	106,050	3	35,350	1021,150	0,000
B:Ölçüm zamanı	707,839	19	37,255	1076,170	0,000
Etkileşim A*B	82,711	57	1,451	41,917	0,000
Hata	38,772	1120	0,035		
Toplam	477920,102	1200			
Düzeltilmiş Toplam	935,372	1199			

(a) $R^2 = 0,959$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % O₂ ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % O₂ ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

Ağaç malzeme türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak % O₂ ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.23'de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün % O₂ ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.23. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün % O₂ ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Üst Yüzey İşlem Türü	Ağaç Malzeme Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Kontrol	Sarıçam	19,16	b
	Doğu Kayını	18,93	a
	Ladin	19,46	c
Ecelak Boya	Sarıçam	19,98	de
	Doğu Kayını	19,97	de
	Ladin	19,89	d
Sayerlak Boya	Sarıçam	20,06	ef
	Doğu Kayını	20,31	g
	Ladin	20,21	fg
Nano Vernik	Sarıçam	20,10	ef
	Doğu Kayını	20,05	ef
	Ladin	20,17	fg

Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, ecelak boya, sayerlak boya ve nano vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış, Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin ağaç malzeme örneklerinin % O₂ ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde ağaç malzemelerin istatistiksel olarak karşılaştırılmalarının yapılması sonucu, ecelak boyalı Sarıçam ve Doğu Kayını ağaç malzeme örnekleri arasında ve nano vernikli Sarıçam ve Doğu Kayını ağaç malzeme örnekleri arasında fark görülmemiştir.

4.3.4. Ölçülen CO Değerleri

4.3.4.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.24’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.24. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	11,76	72,03	87,13	115,33
2*	27,34	131,63	135,73	190,00
3*	48,74	147,53	166,53	220,33
4*	75,06	161,46	182,73	270,66
5*	117,30	178,91	197,46	238,66
6*	156,60	219,42	198,93	217,33
7*	188,50	230,53	209,20	212,33
8*	247,00	233,93	207,33	182,33
9	296,60	239,35	220,26	164,53
10	355,68	259,95	219,40	154,53
11	410,92	288,60	196,40	137,60
12	494,46	239,15	169,20	126,66
13	500,62	227,55	146,60	106,86
14	449,85	185,48	144,33	97,20
15	335,04	145,20	121,93	79,80
16	269,52	91,31	101,06	58,40
17	199,04	55,91	86,40	54,33
18	146,53	34,48	60,53	30,60
19	101,37	24,11	44,13	19,40
20	61,85	17,88	20,00	9,33

* Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 500,62 ppm ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 220,26 ppm ile sayerlak boyalı örneklerde bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	13449027,244 (a)	79	170240,851	47,218	0,000
Sabit Terim	33066646,990	1	33066646,990	9171,391	0,000
A:Üst yüzey işlemi	1471157,086	3	490385,695	136,014	0,000
B:Ölçüm zamanı	6170055,176	19	324739,746	90,070	0,000
Etkileşim A*B	5807814,982	57	101891,491	28,261	0,000
Hata	4038061,995	1120	3605,412		
Toplam	50553736,230	1200			
Düzeltilmiş Toplam	17487089,240	1199			

(a) $R^2 = 0,769$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen CO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen CO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.4.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.26'da, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.26. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	38,50	76,77	64,00	70,26
2*	79,93	138,80	147,13	110,31
3*	118,30	171,66	177,87	127,92
4*	135,97	217,02	206,40	145,27
5*	157,77	285,04	234,40	176,30
6*	226,02	346,66	248,60	236,00
7*	349,64	408,30	228,87	241,60
8*	446,74	431,54	201,73	240,64
9	512,42	395,34	164,80	236,14
10	568,08	371,29	134,87	232,55
11	564,74	264,36	119,73	207,43
12	559,59	204,01	102,20	175,26
13	514,41	129,78	87,40	113,25
14	469,19	79,83	59,80	75,43
15	409,94	52,07	45,86	61,11
16	350,52	33,93	32,40	53,83
17	276,49	23,92	17,00	48,29
18	220,92	17,17	11,13	20,75
19	157,28	10,29	7,60	11,82
20	111,62	7,08	4,93	7,83

* Alev kaynaklı yanma

Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 568,08 ppm ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 241,60 ppm ile nano vernikli örneklerde bulunmuştur.

Çizelge 4.27. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	27024369,683(a)	79	342080,629	104,896	0,000
Sabit Terim	41192527,535	1	41192527,535	12631,319	0,000
A:Üst yüzey işlemi	7344955,762	3	2448318,587	750,755	0,000
B:Ölçüm zamanı	11561873,487	19	608519,657	186,597	0,000
Etkileşim A*B	8117540,434	57	142412,990	43,670	0,000
Hata	3652479,402	1120	3261,142		
Toplam	71869376,620	1200			
Düzeltilmiş Toplam	30676849,085	1199			

(a) $R^2 = 0,881$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen CO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen CO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.4.3. Ladin Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Ladin ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.28’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.28. Ladin ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	46,06	101,77	85,26	124,33
2*	87,00	174,66	157,13	184,00
3*	107,93	220,00	208,60	202,00
4*	116,13	257,44	251,60	217,33
5*	145,06	297,77	298,86	230,00
6*	255,37	329,00	271,66	238,66
7*	402,06	333,00	245,40	225,00
8*	465,80	313,77	226,00	185,66
9	492,33	283,00	154,93	137,66
10	428,80	263,33	135,73	115,00
11	274,40	188,55	112,06	52,00
12	238,60	119,33	83,00	23,00
13	212,93	87,44	63,13	8,66
14	186,13	57,77	33,53	4,33
15	167,53	41,11	17,26	3,33
16	154,60	34,66	10,13	2,33
17	137,86	20,00	6,13	2,00
18	99,93	13,88	4,06	2,00
19	61,60	9,88	3,53	1,33
20	45,46	5,44	1,53	1,00

* Alev kaynaklı yanma

Ladin ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 492,33 ppm ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 238,66 ppm ile nano vernikli örneklerde bulunmuştur.

Çizelge 4.29. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	17477499,500 (a)	79	221234,171	81,939	0,000
Sabit Terim	25259589,500	1	25259589,540	9355,440	0,000
A:Üst yüzey işlemi	2048394,219	3	682798,073	252,889	0,000
B:Ölçüm zamanı	11343670,600	19	597035,297	221,125	0,000
Etkileşim A*B	4085434,610	57	71674,291	26,546	0,000
Hata	3023988,183	1120	2699,989		
Toplam	45761077,200	1200			
Düzeltilmiş Toplam	20501487,700	1199			

(a) $R^2 = 0,852$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen CO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen CO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

Ağaç malzeme türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak CO ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.30'da verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün CO ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.30. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün CO ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Üst Yüzey İşlem Türü	Ağaç Malzeme Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Kontrol	Sarıçam	224,69	f
	Doğu Kayını	313,40	g
	Ladin	206,28	f
Ecelak Boya	Sarıçam	159,22	d
	Doğu Kayını	183,25	e
	Ladin	157,59	d
Sayerlak Boya	Sarıçam	145,76	cd
	Doğu Kayını	114,83	ab
	Ladin	118,48	ab
Nano Vernik	Sarıçam	134,31	bc
	Doğu Kayını	129,60	bc
	Ladin	97,98	a

Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, ecelak boya, sayerlak boya ve nano vernik ile üst yüzey işlemleri uygulanmış, Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin ağaç malzeme örneklerinin CO ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde ağaç malzemelerin istatistiksel olarak karşılaştırılmalarının yapılması sonucu, Kontrol Sarıçam ve Ladin ağaç malzeme örnekleri arasında, ecelak boyalı Sarıçam ve Ladin ağaç malzeme örnekleri arasında, sayerlak boyalı Doğu Kayını ve Ladin ağaç malzeme örnekleri arasında ve nano vernikli Sarıçam ve Doğu Kayını ağaç malzeme örnekleri arasında fark görülmemiştir.

4.3.5. Ölçülen NO Değerleri

4.3.5.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.31’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	1,22	28,02	10,40	15,33
2*	2,68	36,24	15,86	21,33
3*	4,12	35,00	19,80	24,26
4*	5,10	30,91	21,66	32,66
5*	7,02	29,06	23,20	30,66
6*	8,78	28,48	23,80	27,66
7*	10,45	26,26	24,60	20,66
8*	11,05	24,48	23,26	11,20
9	12,34	20,93	21,73	10,13
10	13,24	13,84	20,93	6,20
11	15,25	9,48	17,26	4,46
12	15,62	8,24	13,26	3,33
13	17,02	7,08	9,20	2,80
14	13,60	5,24	8,26	2,26
15	11,45	3,46	6,40	1,86
16	9,22	3,22	3,73	1,73
17	5,32	2,46	2,86	1,20
18	1,81	2,28	1,86	0,66
19	1,02	2,15	0,93	0,40
20	0,02	2,08	0,13	0,13

* Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 36,24 ppm ile ecelak boyalı örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 17,02 ppm ile kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	121483,455(a)	79	1537,765	58,731	0,000
Sabit Terim	177728,258	1	177728,258	6787,831	0,000
A:Üst yüzey işlemi	9682,846	3	3227,615	123,270	0,000
B:Ölçüm zamanı	68662,382	19	3613,810	138,019	0,000
Etkileşim A*B	43138,226	57	756,811	28,904	0,000
Hata	29325,370	1120	26,183		
Toplam	328537,083	1200			
Düzeltilmiş Toplam	150808,825	1199			

(a) $R^2 = 0,806$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen NO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen NO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.5.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.33'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.34'de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	1,96	27,00	8,26	21,36
2*	3,06	41,99	19,93	28,47
3*	6,93	46,20	25,66	30,77
4*	12,00	45,12	29,40	31,54
5*	15,93	44,29	31,33	31,60
6*	19,24	43,20	29,13	31,64
7*	21,44	41,47	22,40	28,87
8*	22,20	35,78	18,40	26,65
9	23,27	27,44	13,13	21,08
10	25,98	21,16	8,66	15,21
11	27,13	13,66	6,86	10,76
12	24,91	8,96	5,20	7,62
13	22,38	7,63	4,40	5,56
14	18,13	6,17	3,86	5,04
15	12,60	5,41	3,06	4,85
16	7,80	4,61	2,06	4,06
17	5,30	3,68	1,80	3,29
18	3,70	2,89	1,73	2,50
19	2,66	2,09	1,46	1,98
20	1,70	1,29	0,46	1,46

* Alev kaynaklı yanma

Doğu Kayını ağaç malzemenin ontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 46,20 ppm ile ecelak boyalı örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 27,13 ppm ile kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.34. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	202560,484 (a)	79	2564,057	112,755	0,000
Sabit Terim	297748,666	1	297748,666	13093,562	0,000
A:Üst yüzey işlemi	15480,795	3	5160,265	226,924	0,000
B:Ölçüm zamanı	130152,695	19	6850,142	301,236	0,000
Etkileşim A*B	56926,994	57	998,719	43,919	0,000
Hata	25468,892	1120	22,740		
Toplam	525778,043	1200			
Düzeltilmiş Toplam	228029,376	1199			

(a) $R^2 = 0,888$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen NO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen NO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.5.3. Ladin Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Ladin ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.35’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.35. Ladin ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	1,00	30,55	8,53	16,00
2*	1,77	41,11	21,80	20,66
3*	2,33	39,11	25,13	23,00
4*	3,55	37,33	28,13	26,60
5*	4,11	36,00	29,13	26,00
6*	5,55	33,00	30,00	24,00
7*	7,22	26,77	28,40	16,00
8*	8,00	18,11	24,20	9,00
9	8,66	13,11	19,26	6,66
10	9,33	10,33	11,40	4,00
11	7,11	6,55	6,93	1,33
12	5,55	5,00	5,00	0,66
13	4,77	3,66	4,46	0,00
14	4,36	3,00	3,53	0,33
15	2,45	2,33	3,00	0,00
16	1,09	1,66	2,53	0,00
17	0,73	1,33	2,00	0,00
18	0,66	1,00	2,00	0,33
19	0,33	0,66	1,46	0,00
20	0,33	0,33	1,46	0,00

* Alev kaynaklı yanma

Ladin ağaç malzemenin ontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 41,11 ppm ile ecelak boyalı örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 9,33 ppm ile kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.36. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	160351,262 (a)	79	2029,763	75,540	0,000
Sabit Terim	126990,947	1	126990,947	4726,104	0,000
A:Üst yüzey işlemi	23169,168	3	7723,056	287,422	0,000
B:Ölçüm zamanı	96421,034	19	5074,791	188,864	0,000
Etkileşim A*B	40761,061	57	715,106	26,613	0,000
Hata	30094,525	1120	26,870		
Toplam	317436,735	1200			
Düzeltilmiş Toplam	190445,788	1199			

(a) $R^2 = 0,842$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen NO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen NO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

Ağaç malzeme türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak NO ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.37’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün NO ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.37. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün NO ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Üst Yüzey İşlem Türü	Ağaç Malzeme Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Kontrol	Sarıçam	8,31	b
	Doğu Kayını	13,91	de
	Ladin	3,94	a
Ecelak Boya	Sarıçam	15,95	e
	Doğu Kayını	21,50	f
	Ladin	15,55	e
Sayerlak Boya	Sarıçam	13,46	d
	Doğu Kayını	11,86	cd
	Ladin	12,92	cd
Nano Vernik	Sarıçam	10,95	c
	Doğu Kayını	15,72	e
	Ladin	8,73	b

Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, ecelak boya, sayerlak boya ve nano vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış, Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin ağaç malzeme örneklerinin NO ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde ağaç malzemelerin istatistiksel olarak karşılaştırılmalarının yapılması sonucu, ecelak boyalı Sarıçam ve Ladin ağaç malzeme örnekleri arasında ve sayerlak boyalı Doğu Kayını ve Ladin ağaç malzeme örnekleri arasında fark görülmemiştir.

4.3.6. Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

4.3.6.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.38’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.39’da verilmiştir.

Çizelge 4.38. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	46,08	83,65	73,08	93,66
2*	60,60	92,05	85,06	105,66
3*	75,04	97,61	90,97	111,33
4*	89,88	103,23	94,80	126,00
5*	105,60	110,41	99,15	127,86
6*	120,64	116,57	106,14	135,06
7*	130,48	122,98	110,93	131,33
8*	143,04	124,67	110,47	123,93
9	171,95	118,05	99,53	96,46
10	178,80	86,33	89,94	82,06
11	195,26	71,74	71,36	76,60
12	197,33	66,12	63,32	69,33
13	181,88	60,73	57,95	67,33
14	161,44	56,03	56,40	63,35
15	143,70	52,34	55,14	60,20
16	125,02	50,07	54,34	59,67
17	111,22	48,11	54,86	56,86
18	101,59	45,96	47,62	55,86
19	95,21	45,00	44,07	53,60
20	79,86	43,71	40,72	52,00

* Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek baca sıcaklığı 197,33 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 110,93 °C ile sayerlak boyalı örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.39. Sarıçam ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	1712585,862 (a)	79	21678,302	108,959	0,000
Sabit Terim	10168553,657	1	10168553,657	51109,163	0,000
A:Üst yüzey işlemi	476273,116	3	158757,705	797,948	0,000
B:Ölçüm zamanı	581604,403	19	30610,758	153,856	0,000
Etkileşim A*B	654708,343	57	11486,111	57,731	0,000
Hata	222832,452	1120	198,958		
Toplam	12103971,971	1200			
Düzeltilmiş Toplam	1935418,314	1199			

(a) $R^2 = 0,885$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.6.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.40'da, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Çizelge 4.40. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	70,91	75,65	73,66	88,49
2*	95,81	82,87	88,66	96,92
3*	123,67	88,75	101,06	102,36
4*	154,40	101,91	115,00	108,81
5*	173,87	111,03	120,20	123,19
6*	186,19	128,06	123,60	134,52
7*	199,59	125,67	116,60	135,38
8*	202,18	114,06	108,26	133,42
9	205,92	107,29	96,06	125,11
10	212,10	95,02	80,46	100,15
11	199,39	86,82	67,26	90,16
12	185,73	76,58	61,93	72,74
13	166,45	70,47	58,86	64,45
14	154,05	64,69	56,53	59,79
15	137,61	60,60	54,26	57,17
16	120,20	57,40	52,20	54,87
17	108,50	53,80	50,66	53,66
18	99,66	50,82	49,13	52,16
19	90,89	47,83	47,06	50,89
20	82,80	46,66	44,53	49,12

* Alev kaynaklı yanma

Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek baca sıcaklığı 212,10 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 123,60 °C ile sayerlak boyalı örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.41. Doğu Kayını ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	2302572,940 (a)	79	29146,493	132,965	0,000
Sabit Terim	11807509,265	1	11807509,265	53865,318	0,000
A:Üst yüzey işlemi	985652,583	3	328550,861	1498,834	0,000
B:Ölçüm zamanı	1017198,782	19	53536,778	244,232	0,000
Etkileşim A*B	299721,575	57	5258,273	23,988	0,000
Hata	245508,817	1120	219,204		
Toplam	14355591,021	1200			
Düzeltilmiş Toplam	2548081,756	1199			

(a) $R^2 = 0,904$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Doğu Kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.3.6.3. Ladin Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Ladin ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.42’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.43’de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Ladin malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Ecelak Boya	Sayerlak Boya	Nano Vernik
1*	88,77	83,33	71,93	93,13
2*	114,44	90,55	86,00	104,76
3*	125,33	95,33	89,93	112,46
4*	137,11	104,11	95,06	125,90
5*	144,00	111,00	103,13	133,88
6*	144,40	117,22	119,20	138,60
7*	143,66	115,11	116,46	126,40
8*	138,55	107,77	108,40	117,96
9	134,26	97,55	97,00	98,33
10	129,33	77,44	80,80	73,06
11	122,00	67,88	73,40	66,50
12	107,44	62,77	67,53	62,36
13	99,00	59,33	64,00	59,73
14	92,33	58,44	61,53	57,87
15	79,55	56,33	58,06	56,33
16	71,55	55,00	55,60	55,17
17	64,66	53,77	52,60	54,23
18	61,44	53,22	50,66	53,36
19	58,88	51,77	49,13	51,83
20	58,11	51,22	46,20	51,26

* Alev kaynaklı yanma

Ladin ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek baca sıcaklığı 144,40 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 117,22 °C ile ecelak boyalı örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.43. Ladin ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	1055120,621 (a)	79	13355,957	181,766	0,000
Sabit Terim	8989025,462	1	8989025,462	122335,108	0,000
A:Üst yüzey işlemi	156712,814	3	52237,605	710,922	0,000
B:Ölçüm zamanı	831945,938	19	43786,628	595,909	0,000
Etkileşim A*B	66461,870	57	1165,998	15,869	0,000
Hata	82296,151	1120	73,479		
Toplam	10126442,234	1200			
Düzeltilmiş Toplam	1137416,772	1199			

(a) $R^2 = 0,928$

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, Ladin ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

Ağaç malzeme türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak baca sıcaklığı ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.44'de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün baca sıcaklığı ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.44. Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün baca sıcaklığı ortalama değerlere etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Üst Yüzey İşlem Türü	Ağaç Malzeme Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Kontrol	Sarıçam	125,73	f
	Doğu Kayını	148,49	g
	Ladin	105,74	e
Ecelak Boya	Sarıçam	79,77	abc
	Doğu Kayını	82,30	bcd
	Ladin	78,46	ab
Sayerlak Boya	Sarıçam	75,29	a
	Doğu Kayını	78,30	ab
	Ladin	77,33	ab
Nano Vernik	Sarıçam	87,41	d
	Doğu Kayını	87,67	d
	Ladin	84,66	cd

Ağaç malzeme türünün ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, ecelak boya, sayerlak boya ve nano vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış, Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin ağaç malzeme örneklerinin baca sıcaklığı ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde ağaç malzemelerin istatistiksel olarak karşılaştırılmalarının yapılması sonucu, sayerlak boyalı Doğu Kayını ve Ladin ağaç malzeme örnekleri arasında ve nano vernikli Sarıçam ve Ladin ağaç malzeme örnekleri arasında fark görülmemiştir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇLAR

Yapılan özgül ağırlık ölçümlerinde en yüksek özgül ağırlık Doğu Kayını ağaç malzemedede, daha sonra da Sarıçam ağaç malzemedede ölçülmüştür. En düşük özgül ağırlık değeri ise Ladin ağaç malzemedede ölçülmüştür. Örs'e göre odunların yoğunluğundaki farklılığın başlıca sebebi birim hacimlerdeki hücre çeperi maddesi ve hava boşluğu oranlarının farklı oluşudur (Örs, 2001).

Yapılan vernik katman kalınlığı ölçümlerinde, en fazla katman kalınlığı ecelak boyalı ağaç malzeme örneklerinde ölçülmüştür. Daha sonra sırasıyla, sayerlak boyalı ve nano vernikli ağaç malzeme örneklerinde ölçülmüştür. Katman kalınlığında oluşan farklılıklar, verniklerin katı madde miktarlarından kaynaklanabilir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; alev kaynaklı yanmanın sonunda (8. ölçüm veya 4. dakika) en fazla ağırlık kaybı kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 61, sayerlak boyalı örneklerde % 74 ve nano vernikli örneklerde ise % 38 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yanma sonunda ise (20. Ölçüm veya 10. dakika) en fazla ağırlık kaybı yine kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 71, sayerlak boyalı örneklerde % 70 ve nano vernikli örneklerde ise % 65 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Doğu Kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; alev kaynaklı yanmanın sonunda en fazla ağırlık kaybı kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin kontrol

örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 63, sayerlak boyalı örneklerde % 57 ve nano vernikli örneklerde ise % 39 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı yine kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 72, sayerlak boyalı örneklerde % 70 ve nano vernikli örneklerde ise % 65 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Ladin ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; alev kaynaklı yanmanın sonunda en fazla ağırlık kaybı kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 58, sayerlak boyalı örneklerde % 71 ve nano vernikli örneklerde ise % 40 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı yine kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 68, sayerlak boyalı örneklerde % 64 ve nano vernikli örneklerde ise % 63 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer üst sıcaklık değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 63, sayerlak boyalı örneklerde % 69 ve nano vernikli örneklerde ise % 60 azaldığı gözlemlenmiştir.

Doğu Kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer üst sıcaklık değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak ve sayerlak boyalı örneklerde % 73 ve nano vernikli örneklerde ise % 64 azaldığı gözlemlenmiştir.

Ladin ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer üst sıcaklık değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde

% 45, sayerlak boyalı örneklerde % 48 ve nano vernikli örneklerde ise % 35 azaldığı gözlemlenmiştir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % O₂ değerleri incelendiğinde; en düşük % O₂ değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer % O₂ değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 9, sayerlak boyalı örneklerde % 11 ve nano vernikli örneklerde ise % 7 arttığı gözlemlenmiştir.

Doğu Kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % O₂ değerleri incelendiğinde; en düşük % O₂ değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer % O₂ değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 8, sayerlak boyalı örneklerde % 11 ve nano vernikli örneklerde ise % 10 arttığı gözlemlenmiştir.

Ladin ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % O₂ değerleri incelendiğinde; en düşük % O₂ değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer % O₂ değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 2, sayerlak boyalı örneklerde % 4 ve nano vernikli örneklerde ise % 3 arttığı gözlemlenmiştir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer CO değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 42, sayerlak boyalı örneklerde % 56 ve nano vernikli örneklerde ise % 46 azaldığı gözlemlenmiştir.

Doğu Kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer CO değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 24, sayerlak boyalı ve nano vernikli örneklerde ise % 57 azaldığı gözlemlenmiştir.

Ladin ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer CO değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 32, sayerlak boyalı örneklerde % 39 ve nano vernikli örneklerde ise % 51 azaldığı gözlemlenmiştir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer NO değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 106, sayerlak boyalı örneklerde % 45 ve nano vernikli örneklerde ise % 92 arttığı gözlemlenmiştir.

Doğu Kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer NO değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 70, sayerlak boyalı örneklerde % 15 ve nano vernikli örneklerde ise % 17 arttığı gözlemlenmiştir.

Ladin ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer NO değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 341, sayerlak boyalı örneklerde % 222 ve nano vernikli örneklerde ise % 185 arttığı gözlemlenmiştir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer baca sıcaklığı değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 31, sayerlak boyalı örneklerde % 39 ve nano vernikli örneklerde ise % 26 azaldığı gözlemlenmiştir.

Doğu Kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer baca sıcaklığı değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 40, sayerlak boyalı örneklerde % 42 ve nano vernikli örneklerde ise % 36 azaldığı gözlemlenmiştir.

Ladin ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek sıcaklık değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer baca sıcaklığı değerlerinin kontrol örneklerine göre; ecelak boyalı örneklerde % 18, sayerlak boyalı örneklerde % 17 ve nano vernikli örneklerde ise % 4 azaldığı gözlemlenmiştir.

Yanma deneylerinin sonuçları genel olarak ele alındığında Şu sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Yangın geciktiricili üst yüzey sistemlerinin, ağaç malzemelerin yanmasını ciddi oranda geciktirdiği gözlemlenmiştir.
2. Yanma sonunda Ecelak boya, kullanılan üç farklı ağaç malzemede de ağırlık kaybının en az olduğu üst yüzey malzemesi olarak gözlemlenmiştir.
3. CO ve NO değerleri incelendiğinde ecelak boyanın diğer üst yüzey malzemelerinden daha fazla gaz salınımı yaptığı gözlemlenmiştir.
4. Üst sıcaklık ve baca sıcaklığı değerleri en düşük Sayerlak boyalı ağaç malzeme örneklerinde gözlemlenmiştir.
5. En yüksek O₂ değerleri (en az O₂ kaybı) Sayerlak boyalı ağaç malzeme örneklerinde gözlemlenmiştir.

5.2. ÖNERİLER

Bundan sonraki yapılacak akademik çalışmalarında;

1. Yangın geciktiricili üst yüzey malzemeleri uygulanmadan önce farklı kimyasallarla emprenye metotları uygulanarak farkın tespit edilmesi,
2. Yangın geciktiricili üst yüzey malzemelerinin uygulanmasında fırçayla, ruloyla, tabancayla değişik açılarda, daldırmayla vb gibi farklı yöntemler kullanılarak farkın tespit edilmesi,
3. Sıradışı daha farklı ağaç malzemelere veya farklı kompozit malzemelere yangın geciktiricili üst yüzey malzemeleri uygulanarak farkın tespit edilmesi önerilir.

KAYNAKLAR

- Akıncıtürk, N. ve Perker, S., “700 yıllık tarihi Cumalıkızık yerleşimindeki ahşap yapılarda yangın yalıtımı”, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi*, Ankara, 151-159 (2003).
- Anderson, E. L., Pawlak, Z., Owen, N. L. and Feist, W. C., “Infrared studies of wood weathering”, *Applied Spectroscopy*, (45): 641-647 (1991).
- Anşin, R. ve Özkan, Z. C., “Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar, 1.Baskı”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, 512-513 (1993).
- Aslan, S., “Ağaç Zararlıları Koruma ve Emrenye Teknikleri”, *KOSGEB Yayınları*, Ankara, 272-273 (1998).
- Aslan, S., “Ağaç Dendrolojisi ve Odun Anatomisi”, *Hacettepe Üniversitesi, Mesleki Teknoloji Yüksek Okulu Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü*, Ankara, 81-104 (1994).
- ASTM D 3023, “Determination of resistance of factory applied coatings on wood products of stain and reagents”, *ASTM*, New York, A.B.D., (1981).
- ASTM E 69, “Standard test method for combustible properties of treated wood by the fire tube apparatus”, *ASTM*, New York, A.B.D., (2007).
- Baysal, E., “Çeşitli borlu ve wr bileşiklerinin kızılçam odunun bazı fiziksel özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 15-35 (1994).
- Baysal, E., Peker, H. ve Tan, H., “Bazı emprenye maddelerinin ladin (Picea Orientalis Link.) odunun yanma özelliklerine etkileri”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16 (1): 163-175 (2004).
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N., “Odun Anatomisi”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 23-35 (2000).
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N., “Ticarette Önemli Yabancı Ağaçlar”, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları*, İstanbul, 26-28 (1989).
- Bozkurt, Y. ve Göker, Y., “Orman Ürünlerinden Faydalanma”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 284-297 (1981).

Budakçı, M., “Pnömatik adezyon deney cihaz tasarımı, üretimi ve ahşap verniklerde denenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 63-85 (2003).

Drysdale, D., “An Introduction to Fire Dynamics, 2nd ed.”, *John Wiley*, England, 0-471-97291-6 (1998).

Ecelak Boya Kimya Ltd. Şti., “Antiflam Sistem Bilgileri”, <http://www.ecelak.com/files/ECELAK%20ANTIFLAM%20SİSTEM%20BİLGİLERİ.pdf>, (2012).

Eriç, M., “Dünün ve bugünün ahşap ve ahşaptan üretilmiş malzemesinin Türkiye şartları içinde yapıda rasyonel kullanıma imkanlarının araştırılması”, Doktora Tezi, *İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 28-43 (1978).

Eriç, M., “Yapılarda Yangının Malzemeye Etkisi”, *Birinci Yangın Ulusal Kurultayı Bildirileri, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Basım İşliği*, Ankara, 290-314 (1985)

Erşen, N., “Tutkallı Taşıyıcı Ahşap Yapı Elemanları”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 65-73 (1986).

Esen, R., “Emprenye yapılmış ağaç malzeme üzerine uygulanan üstyüzey işlemlerinin yanma direncine etkilerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 111-112 (2009).

Fengel, D. and Wegener, G., “Wood Chemistry”, *Ultrastructure Reactions. Walter de Gruyter*, New York, 3 (11): 008481-3 (1984).

Forest Products Laboratory, “Forest Service U.S. Department of Agriculture”, Handbook of Wood and Wood-Based Materials for Engineers, *Architects and Builders*, London, Chapter 15: 136-140 (1987).

Gann, G. R., Averill, D. J., Butler, M. K., Jones, W. W., Mulholland, W. G., Neviasser, L. J., Ohlemiller, J. T., Peacock, D. R., Reneke, A. P. and Hail, R. J. J., “International Study of the sublethal effects of fire smoke on survivability and health (SEFS) phase I. final report”, *National Institute of Standard and Technology*, Technical Note, USA, 1439-1440 (2001).

Gökmen, Ş., “Yangın Bilgisi”, *Ege Üniversitesi Yayınevi*, Bornova, İzmir, 18-23 (1965).

Hafizoğlu, H., “Orman Yan Ürünleri Kimyası”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, 32-40 (1994).

Hemel Emprenye San. ve Tic. A.Ş., “Yangın Geciktirici Cila Sistemleri” <http://www.hemel.com.tr/tr/urunler/default.aspx?lsn=1&KatID=1020501&UAD=Yangin-Geciktirici-Cila-Sistemleri>, (2012).

Higley, T. L. and King, T. K., "Biological degradation of wood", *Phytopathology*, 69: 1151-1157 (1990).

Kantay, R., "Pratikte Uygulanan Kurutma Yöntemleri", *Orman Ürünleri Kurutma Seminerleri, İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 1-3: 17-19 (1987).

Kollman, F. and Cote, J.R., "Principles of wood science and technology", I. Solid Wood, *Springer-Verlag*, 149-151 (1968).

Kordina, K. and Meyer Ottens, C., "Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen", *Entwicklungsgemeinschaft Holz*, Dusseldorf, Deutschland, 113-118 (1977).

Kurtoğlu, A., "Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri", *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 75-77 (2000).

Küçük, S., "Yangın sırasında oluşan yanma ürünleri ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 125-140 (2001).

Levan, S. L. and Winandy, J. E., "Effects of fire retardant treatments on wood strength", *Wood and Fire Science*, 22: 113-131 (1990).

Madorsky, S. L., "Thermal Degradation of Organic Polymers", *John Wiley*, New York, 978-0470563250 (1964).

Malkoçoğlu, A., "Doğu kayını odununu teknolojik özellikleri", Doktora Tezi, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 152-154 (1994).

Merev, N., "Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı", *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, Genel Yayın No: 210, Fakülte Yayın No: 32, ISBN 975-6983-30-2 (2003).

Newel, A. C. and Holtrop, W. F., "Coloring Finishing And Painting Wood", *C.A. Bennett CO*, U.S.A., 78-83 (1961).

Örs, Y. ve Keskin, H., "Ağaç Malzeme Bilgisi", *Atlas Yayın Dağıtım*, İstanbul, 101, 157,159-161 (2001).

Örs, Y. ve Keskin, H., "Ağaç Malzeme Bilgisi", *Atlas Yayın Dağıtım*, Ankara, 87-91 (2001).

Örs, Y., Atar, M. ve Demirci, Z., "Borlu bileşikler ile emprenye etmenin ağaç malzemedede üst yüzey işlemleri ve yanma özelliklerine etkileri", *Tübitak Projesi, MİSAG-237*, Ankara, 1-35 (2005).

Örs, Y., Atar, M. ve Peker, H., “Bazı emprenye maddelerinin sarıçam ve doğu kayını odunlarının yoğunluklarına etkileri”, *Tr.J.of Agriculture and Forestry*, Tübitak, 23 (5): 1169-1179 (1999).

Örs, Y., Sönmez, A. ve Uysal, B., “Ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığını etkileyen emprenye maddeleri”, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23 (2): 389–394 (1999).

Özcan, C., “Yeni bir yanma düzeneğinin hazırlanması ve ısıl işlem görmüş ağaç malzemelerin yanma özelliklerinin belirlenmesi”, Doktora Tezi, *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bartın, 1-2 (2011).

Özen, R., “Wood as a Building Material; It's Benefits and Disadvantages” , <http://www.kultur.gov.tr/EN,35285/wood-as-a-building-material-its-benefits-and-disadvanta-.html>, (1995).

Richardson, B., “Wood Preservation”, *The Construction Pres. Ltd.*, Lancaster, England, 238-239 (1978).

Roberts, A. F., “Problems associated with the theoretical analysis of the burning of wood”, *13 th Symposium on Combustion*, The Combustion Institute, Pittsburg, 893-903 (1971).

Russell, L. J., Marney, D. C. O, Humphrey, D. G., Hunt, A. C., Dowling, V. P. and Cookson, L. J., “Combining fire retardant and preservative systems for timber products in exposed applications state of the art review”, *Forest and Wood Products Research and Development Corporation*, Australia, Sydney, 11-18 (2004).

Sönmez, A. ve Budakçı, M., “Ağaçışlerinde Üst Yüzey İşlemleri II”, *Sevgi Ofset*, Ankara, 1: 61-64 (2004).

Sönmez, A., “Ağaçtan yapılmış mobilya da üst yüzey işlemlerinde kullanılan verniklerin önemli mekanik, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 43-54 (1989).

Sunar, Ş., “Bina yangın güvenliği”, *Birinci Yangın Ulusal Kurultayı Bildirileri*, Odtü-Tübitak, Mimarlık Fakültesi, Ankara, 281-291 (1983).

Şahin, H.T., “Ağaç malzemenin termal bozulma ürünleri”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Mühendisliği Dergisi*, 42: 10-12 (2005).

Şanıvar, N., “Ağaç İşleri Üst Yüzey İşlemleri” *Milli Eğitim Basımevi*, İstanbul, 222-227 (1978).

Terzi, E., “Amonyum bileşikleri ile emprenye edilen ağaç malzemenin yanma özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 106-107 (2008).

TS 1476, “Odunda fiziksel ve mekaniksel özelliklerin tayini için homojen mescerelerden numune ağacı ve laboratuvar numunesi alınması”, *T.S.E.*, Ankara, (1984).

TS 2471, “Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini”, *T.S.E.*, Ankara, (1976).

TS 2472, “Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığın tayini”, *T.S.E.*, Ankara, (1976).

Uysal, B. ve Kurt, Ş., “Borlu Bileşiklerle Emprenye Edilmiş Kayın Ve Sarıçam Ağaçlarının Yanma Özellikleri”, *I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, 33-41 (2005).

Uysal, B. ve Özçifci, A., “Ihlamur (*Morus Alba L.*) odunundan PVAc tutkalı ile üretilen lamine ağaç malzemenin yanma özellikleri”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Ankara, 13 (4): 1023-1035 (2000).

Uysal, B., “Çeşitli kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığı üzerine etkileri”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 65-77 (1997).

Uysal, B., “Çeşitli su itici ve yangın geciktirici kimyasal maddelerin kızılâğaç odununun yanma özellikleri”, *Teknoloji Dergisi*, Karabük, 1 (2): 81-89 (1998).

Uysal, B., Özçifçi, A. ve Yılmaz, S., “Farklı ağaç türlerinin yanma özellikleri”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14 (1): 79-87 (2002).

White, R. H. and Dietenberger, M. A., “Wood Handbook”, *Forest Products Society*, Madison, 47-51 (1999).

White, R. H., “Reporting of fire incidents in heavy timber structures”, *USD A, Forest Products Laboratory Research Paper*, FPL, 464: 9-10 (1985).

Yalınkılıç, M. K., “Malzemenin yanma, higroskoisite ve boyutsal stabilite özelliklerinde çeşitli emprenye maddelerinin neden olduğu değişiklikler ve bu maddelerin odundan yıkanabilirlikleri”, Doçentlik Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi*, Trabzon, 98-103 (1993).

Yalınkılıç, M. K. ve Örs, Y., “Duglas göknarı {*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) francol odununun anatomik ve çeitli kimyasal maddelerle emprenye edilme özellikleri”, *Doğa Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, Ankara, 21: 433-444 (1996).

Yaltrık, F. ve Efe, A., “Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae-Angiospermae”, *İstanbul Üniversitesi Yayınları*, No: 3836, Fak. Yayın No: 431, ISBN 975-404-363-9, İstanbul, 93-96 (1994).

Yılgör, N., “Üç yüz yıl su altında kalmış odunun kimyasal ve fiziksel özelliklerinde değişmeler”, Yüksel Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 104-105 (1993).

Zicherman, J. D., “Fire Performance of Archaic Building Materials”, *National Institute of Building Sciences [NIBS]*, Washington, 18-23 (1982).

ÖZGEÇMİŞ

Sabır ERTEKİN 1980’de Van/Merkez’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Van’da muhtelif okullarda başarıyla tamamladı. Van Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü’nden mezun olduktan sonra 1999 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği Bölümü’ne girdi. 2003’de “iyi” derece ile mezun olduktan sonra 2009’da Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Mobilya ve Dekorasyon Programı’nda Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı ve halen aynı görevi sürdürmektedir. Halen 2011 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı altında başlamış olduğu yüksek lisans programını sürdürmektedir.

İLETİŞİM BİLGİLERİ

Adres: Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi

Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü

Merkez / AĞRI

Tel: 0472 216 10 95 - 3538

Cep Tel: 0535 681 06 65

E-posta: sertekin@agri.edu.tr

sabirertekin@hotmail.com