

YANGIN GECİKTİRİCİ ÜST YÜZEY İŞLEMİ UYGULANMIŞ LAMİNE AĞAÇ  
MALZEMELERİN ISI İLETKENLİĞİ VE YANMA ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ

**2015**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

**Mustafa DURAK**

**YANGIN GECİKTİRİCİ ÜST YÜZEY İŞLEMİ UYGULANMIŞ LAMİNE  
AĞAÇ MALZEMELERİN ISI İLETKENLİĞİ VE YANMA  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Mustafa DURAK**

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

**KARABÜK  
Haziran 2015**

Mustafa DURAK tarafından hazırlanan “YANGIN GECİKTİRİCİ ÜST YÜZEY İŞLEMİ UYGULANMIŞ LAMİNE AĞAÇ MALZEMELERİN ISI İLETKENLİĞİ VE YANMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN

Tez Danışmanı, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 15/06/2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Suat ALTUN (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Fatih YIPICI (OMÜ)



01.10.2015

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

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

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.”*

Mustafa DURAK

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **YANGIN GECİKTİRİCİ ÜST YÜZEY İŞLEMİ UYGULANMIŞ LAMİNE AĞAÇ MALZEMELERİN ISI İLETKENLİĞİ VE YANMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Mustafa DURAK**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN**

**Haziran, 121 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.

Ağaçtan elde edilen kompozit ürünlerin kullanımı her geçen gün artış göstermektedir. Bu kompozit ürünlerden biride lamine ağaç malzemelerdir(LVL). Ülkemizde de lamine ağaç malzemelerin kullanımında belirli alanlarda bir artış görülmektedir.

Bu çalışmada PVAc, D-VTKA ve fenol formaldehit tutkalları ile elde edilmiş Sarıçam, Doğu Kayını ve Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerine yangın geciktirici boya ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemlerine yapıldıktan sonra ASTM-E 69 esaslarına göre yanma ve ASTM C 177/C 518 esaslarına göre ısı iletkenliği özellikleri araştırılmıştır. Taslaklar hava kurusu rutubette (%12) yanma deneyleri için 9x19x1016 mm boyutlarında ve ısı iletkenliği deneyleri için ise 20x50x100 mm boyutlarında hazırlandıktan sonra üst yüzey işlemleri uygulanmıştır. Deneylerde; tam kuru yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ ), hava kurusu yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ ), vernik katman kalınlıkları ( $\mu\text{m}$ ), ağırlık kaybı (%), açığa çıkan  $\text{O}_2$  (%), CO (ppm) ve NO (ppm), üst sıcaklık, baca sıcaklığı değerleri ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve ısı iletkenlik katsayıları belirlenmiştir.

Yanma deneyleri sonunda; fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sapelli lamine ağaç malzemenin yangın geciktirici boyalı örnekleri yamaya karşı en iyi sonuçları vermiştir. Üç farklı tutkalla elde edilen sarıçam, doğu kayını ve sapelli lamine ağaç malzemelerin kontrol örnekleri tamamen yanmıştır. Isı iletkenliği sonuçlarına göre; D-VTKA tutkalı ile elde edilen sarıçam kontrol örnekleri en düşük sonuçları verirken, en yüksek ısı iletkenlik katsayısı değerleri fenol formaldehit ile elde edilen sapelli lamine ağaç malzemenin yangın geciktirici boyalı örneklerinde bulunmuştur.

**Anahtar Sözcükler** : Lamine ağaç malzeme, üst yüzey, vernik, yanma.

**Bilim Kodu** : 711.3.023

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **DETERMINATION OF COMBUSTION AND THERMAL CONDUCTIVITY PROPERTIES OF LAMINATED WOOD MATERIALS APPLIED DIFFERENT FIRE RETARDANT FINISHING MATERIALS**

**Mustafa DURAK**

**Karabük University**

**Graduated of School Natural and Applied Sciences**

**Department of Furniture and Decoration Education**

**Thesis Advisor:**

**Assist. Prof. Dr. Cemal ÖZCAN**

**June 2015, 121 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.

The use of composite products gained from wood increase day by day. One of these composite products is laminated veneer lumbers (LVL). In our country, an increase in the use of laminated veneer lumbers in specific fields is seen.

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 and thermal conductivity ASTM C 177/C 518 after those samples were exposed to impregnating and upper-surfacing processes. The drafts were impregnated under air-dry humidity (12%) prepared with 9x19x1016 millimeter size and thermal conductivity 20\*50\*100 millimeter size, upper surface process was applied. In the experiments, completely dry densities ( $\text{g/cm}^3$ ), air-dry densities ( $\text{g/cm}^3$ ), varnish layer thickness ( $\mu\text{m}$ ), weight loss (%),  $\text{O}_2$  amount (%), CO (ppm) and NO (ppm), temperature values ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperature of chimney values ( $^{\circ}\text{C}$ ) and thermal conductivity coefficient were identified.

According to test result, sapelli wood samples laminated with phenol formaldehyde adhesive and finished with fire retardant varnishes gives best results against to combustion. Laminated with 3 different adhesive of sapelli, Scotch pine and oriental beech control samples are completely burned. According to thermal conductivity test results, Scotch pine samples laminated with D-VTKA adhesive gives the lowest values. The highest thermal conductivity values obtained from sapelli samples laminated with phenol formaldehyde and finished with fire retardant varnishes.

**Keywords** : Laminated veneer lumber, surface, varnish, combustion.

**Scientific Code** : 711.3.023



## TEŞEKKÜR

“YANGIN GECİKTİRİCİ ÜST YÜZEY İŞLEMİ UYGULANMIŞ LAMİNE AĞAÇ MALZEMELERİN ISI İLETKENLİĞİ VE YANMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” 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 Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN teşekkürlerimi arz ederim.

Üniversite öğrenimim boyunca bilgileri ve kişilikleriyle örnek olan değerli hocalarım Yrd. Doc. Dr. Suat ALTUN, Doc. Dr. Şeref KURT ve Doc. Dr. Fatih YAPICI ya teşekkürü bir borç bilirim.

Deney numunelerinin hazırlanmasında ve deneylerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Fatih ARSLAN, Vahit ERDEM ve Erdoğan CESUR`a teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Tezin yazımında bilgilerini ve tecrübelerini benden esirgemeyen değerli abilerim ve arkadaşlarım Öğr. Gör. İzham KILINÇ, Öğr. Gör. Abdülkadir YILDIZ ve Çağlar ALTAY`a teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi destekleri ile hep yanımda olan aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xix
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	4
GENEL BİLGİLER .....	4
2.1. AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİĞİ .....	4
2.1.1. Termik Bozunmanın Olumsuz Yönü: Yangın .....	4
2.1.2. Sıcaklığın Ağaç Malzemeye Olan Etkisi.....	5
2.1.3. Yanmanın Yapı Malzemelerine Olan Etkisi.....	9
2.2. ISI İLETKENLİĞİ .....	12
2.2.1. Isı Yayılımı .....	12
2.2.2. Ağaç Malzemede Isı iletim Kapiliyeti.....	13
2.3. LAMİNASYON .....	16
2.4. ÜST YÜZEY İŞLEMİ.....	20
2.5. LİTERATÜR ÖZETİ .....	23
2.6. ÇALIŞMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİNE AİT GENEL BİLGİLER.....	33

2.6.1. Sarıçam (Pinus Sylvestris L.) .....	33
2.6.2. Doğu Kayını (Fagus Orientalis L.) .....	35
2.6.3. Sapelli (Entandrophragma Cylindricum) .....	37
2.7. ÇALIŞMADA KULLANILAN YAPIŞTIRICILARA AİT GENEL BİLGİLER.....	38
2.7.1. PVAc .....	38
2.7.2. Desmodur-VTKA .....	38
2.7.3. Fenol Formaldehit .....	38
2.8. ÇALIŞMADA KULLANILAN ÜST YÜZEY MALZEMELERİNE AİT GENEL BİLGİLER.....	40
2.8.1. Yangın Geciktiricili Boya.....	40
2.8.2. Nano Partiküllü Polyüretan Vernik .....	41
<b>BÖLÜM 3.....</b>	<b>43</b>
<b>MATERYAL METOT .....</b>	<b>43</b>
3.1. MATERYAL.....	43
3.1.1. Ağaç Malzeme.....	43
3.1.2. Yapıştırıcı .....	43
3.2. METOD.....	45
3.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması .....	45
3.2.2. Yoğunluk .....	47
3.2.3. Üst Yüzey İşlemi .....	48
3.2.4. Üst Yüzey Malzemeleri Katman Kalınlığı .....	48
3.2.5. Yanma Deneyi .....	49
3.2.6. Isı İletkenliği.....	51
3.2.7. Verilerin İstatistikî Olarak Değerlendirilmesi .....	52
<b>BÖLÜM 4.....</b>	<b>53</b>
<b>BULGULAR.....</b>	<b>53</b>
4.1. AĞAÇ MALZEMELERİN YOĞUNLUKLARI.....	53
4.2. VERNİKLERİN KATMAN KALINLIKLARI .....	53
4.3. YANMA DENEYLERİ .....	54
4.3.1. Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri.....	54
4.3.2. Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri.....	62

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.3.3. Ölçülen % O <sub>2</sub> Değerleri.....	69
4.3.4. Ölçülen CO Değerleri.....	76
4.3.5. Ölçülen NO Değerleri.....	83
4.3.6. Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri .....	90
4.4. ISI İLETKENLİĞİ DEĞERLERİ .....	98
4.4.1. Sarıcam Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Isı İletkenliği Değerleri .....	98
4.4.2. Doğru Kayını Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Isı iletkenliği Değerleri .....	99
4.4.3. Sapelli Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Isiletkenliği Değerleri .....	101
BÖLÜM 5.....	103
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	103
5.1. SONUÇLAR .....	103
5.2. ÖNERİLER .....	112
KAYNAKLAR.....	113
ÖZGEÇMİŞ... ..	121

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Yangın üçgeni .....	4
Şekil 2.2. Bir alevdeki gaz ve yanma bölgeleri.....	5
Şekil 2.3. Odunun yanma döngüsü .....	5
Şekil 2.4. Boy yönünde yanma veya pirolizde oluşan timsah sırtı .....	8
Şekil 3.1. PVAc tutkalı teknik özellikler tablosu .....	44
Şekil 3.2. D-VTKA teknik özellikler tablosu .....	44
Şekil 3.3. Fenol formaldehit tutkalına ait teknik özellikler.....	45
Şekil 3.4. Komperatör. ....	48
Şekil 3.5. Bilgisayar kontrollü yanma düzeneği .....	49
Şekil 3.6. Analiz cihazı Testo T350 XL ana parçaları .....	50
Şekil 3.7. QTM-500 cihazı ile ısı iletkenlik katsayısı deneyi .....	52

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Kullanılan ağaç malzemelerin yoğunluk değerleri (g/cm <sup>3</sup> ).....	53
Çizelge 4.2. Verniklerin ağaç malzemeler yüzeyindeki katman kalınlıkları (µm).	53
Çizelge 4.3. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri. ....	54
Çizelge 4.4. Sarıçam örneklerindeki ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	55
Çizelge 4.5. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam ağaç malzemenin % ağırlık kaybı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....	56
Çizelge 4.6. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri. ....	57
Çizelge 4.7. Doğu kayını örneklerindeki ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	58
Çizelge 4.8. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayını ağaç malzemenin % ağırlık kaybı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....	59
Çizelge 4.9. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri. ....	60
Çizelge 4.10. Sapelli örneklerindeki ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	61
Çizelge 4.11. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Sapelli ağaç malzemenin % ağırlık kaybı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....	61
Çizelge 4.12. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen üst sıcaklık değerleri ortalama değerleri. ....	63
Çizelge 4.13. Sarıçam örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	63
Çizelge 4.14. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam ağaç malzemenin üst sıcaklık ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	64
Çizelge 4.15. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen üst sıcaklık değerleri ortalama değerleri. ....	65
Çizelge 4.16. Doğu kayını örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	66

Çizelge 4.15. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen üst sıcaklık değerleri ortalama değerleri. ....	65
Çizelge 4.16. Doğu kayını örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	66
Çizelge 4.17. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayının üst sıcaklık ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....	66
Çizelge 4.18. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen üst sıcaklık değerleri ortalama değerleri.....	67
Çizelge 4.19. Sapelli ağaç malzeme örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	68
Çizelge 4.20. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Sapelli ağaç malzemenin üst sıcaklık ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....	69
Çizelge 4.21. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % O <sub>2</sub> ortalama değerleri. ....	70
Çizelge 4.22. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerindeki % O <sub>2</sub> ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	70
Çizelge 4.23. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam ağaç malzemenin % O <sub>2</sub> ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	71
Çizelge 4.24. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % O <sub>2</sub> ortalama değerleri. ....	72
Çizelge 4.25. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerindeki % O <sub>2</sub> ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	73
Çizelge 4.26. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayının % O <sub>2</sub> ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	73
Çizelge 4.27. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % O <sub>2</sub> ortalama değerleri. ....	74
Çizelge 4.28. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerindeki % O <sub>2</sub> ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	75
Çizelge 4.29. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Sapelli ağaç malzemenin % O <sub>2</sub> ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	76
Çizelge 4.30. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen CO ortalama değerleri. (ppm). ....	77
Çizelge 4.31. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	77

Çizelge 4.32. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam ağaç malzemenin CO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	78
Çizelge 4.33. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen CO ortalama değerleri (ppm). ....	79
Çizelge 4.34. Doğu kayını lamine ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	80
Çizelge 4.35. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayının CO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	80
Çizelge 4.36. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen CO ortalama değerleri (ppm). ....	81
Çizelge 4.37. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	82
Çizelge 4.38. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sapelli ağaç malzemenin CO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	82
Çizelge 4.39. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen NO ortalama değerleri (ppm). ....	83
Çizelge 4.40. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	84
Çizelge 4.41. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam ağaç malzemenin NO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	85
Çizelge 4.42. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen NO ortalama değerleri (ppm). ....	86
Çizelge 4.43. Doğu kayını lamine ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	86
Çizelge 4.44. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayının NO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	87
Çizelge 4.45. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen NO ortalama değerleri (ppm). ....	88
Çizelge 4.46. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	89
Çizelge 4.47. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sapelli ağaç malzemenin NO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....	89
Çizelge 4.48. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen baca sıcaklığı değerleri (°C). ....	90
Çizelge 4.49. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	91



Çizelge 4.50. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam lamine ağaç malzemenin baca sıcaklığı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....	92
Çizelge 4.51. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen baca sıcaklığı değerleri (°C). .....	93
Çizelge 4.52. Doğu kayını lamine ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	93
Çizelge 4.53. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayını lamine ağaç malzemenin baca sıcaklığı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....	94
Çizelge 4.54. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen baca sıcaklığı değerleri (°C). .....	95
Çizelge 4.55. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları. ....	96
Çizelge 4.56. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Sapelli lamine ağaç malzemenin baca sıcaklığı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....	96
Çizelge 4.57. Sarıçam lamine ağaç malzemesi örneklerine ait ısı iletkenliğine ilişkin istatistiksel sonuçlar (Kcal/mh°C).....	98
Çizelge 4.58. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerindeki ısı iletkenliği ortalama değerlerinin çoklu varyans analizi sonuçları .....	98
Çizelge 4.59. Sarıçam ağaç malzeme gruplarının ısı iletkenliklerine ait % 95 güven aralığındaki Duncan testi sonuçları. ....	99
Çizelge 4.60. Doğu Kayını lamine ağaç malzemesi örneklerine ait ısı iletkenliğine ilişkin istatistiksel sonuçlar (Kcal/mh°C).....	99
Çizelge 4.61. Doğu kayını lamine ağaç malzeme örneklerindeki ısı iletkenliği ortalama değerlerinin çoklu varyans analizi sonuçları .....	100
Çizelge 4.62. Doğu kayını lamine ağaç malzeme gruplarının ısı iletkenliklerine ait %95 güven aralığındaki Duncan testi sonuçları. ....	100
Çizelge 4.63. Sapelli lamine ağaç malzemesi ısı iletkenliklerine ilişkin istatistiksel sonuçlar (Kcal/mh°C).....	101
Çizelge 4.64. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerindeki ısı iletkenliği ortalama değerlerinin çoklu varyans analizi sonuçları .....	101
Çizelge 3.65. Sapelli lamine ağaç malzeme gruplarının ısı iletkenliklerine ait % 95 güven aralığındaki Duncan testi sonuçları. ....	102

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

%	: Yüzde
°C	: Santigrad derece
µm	: Mikrometre
cm	: Santimetre
cm <sup>3</sup>	: Santimetreküp
CO	: Karbon monoksit
CO <sub>2</sub>	: Karbon dioksit
d	: Yoğunluk
D <sub>0</sub>	: Tam kuru yoğunluk
D <sub>12</sub>	: Hava kurusu yoğunluk
dak	: Dakika
g	: Gram
H	: Hidrojen
h	: Saat
Kcal	: Kilo kalori
m	: Metre
mm	: Milimetre
mm <sup>2</sup>	: Milimetrekare
NO	: Azot monoksit
NO <sub>2</sub>	: Azot dioksit
O <sub>2</sub>	: Oksijen
ppm	: Parts per million
s	: Saniye

## KISALTMALAR

ASTM	: American Society for Testing and Materyal (Amerikan Malzeme Ve Test Derneği)
A/D	: Analog/Dijital
D/A	: Dijital/Analog
LAM	: Lamine Ağaç Malzeme
MAX.	: Maksimum Değer
MIN.	: Minimum Değer
ORT.	: Ortalama Değer
PVAc	: Polyvinyl Acetate Klorür
D-VTKA	: Desmodur-Vinyl Trie Ketonol Acetate
TS	: Türk Standartları
LVL	: Laminated Veneer Lumber

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Ağaç malzemenin gelişimi insanlığın gelişimiyle paralel olarak gerçekleşmiştir. İlk çağlarda bir ısınma ve aydınlatma aracı olarak kullanılan ağaç malzeme daha sonraki zamanlarda insan oğlunun artan ihtiyaçlarını karşılamada ilk akla gelen malzeme haline gelmiştir. Barınak ve yapı inşasında, dekorasyonda, el ve av aletleri, ulaşım araçları yapımı gibi, kendisine onlarca alanda binlerce kullanım alanı bulmuştur. Günümüzde ise artan dünya nüfusu ve yaşam standartları nedeniyle ağaç malzemenin zaman içerisinde ihtiyacı karşılamayacağı anlaşılmıştır. Doğal ve yenilenebilir kaynaklara hassasiyetin arttığı bu günlerde bu doğal kaynağı nasıl daha verimli yönünde çalışmalara hız verilmiştir. (Bozkurt ve Göker, 1981; Özcan, 2011; Bozkurt ve Erdin, 1997).

Ağaç malzemenin bu kadar geniş kullanım alanı bulmasını sağlayan başlıca özellikler şunlardır; Yenilenebilir olması, çok yaygın bir şekilde bulunabiliyor olması, yoğunluğuna oranla mukavemetinin yüksek olması, kolay işleniyor ve şekil alabiliyor olması, akustik özelliği, boşluklu yapısı sayesinde iyi bir ses ve ısı izalasyon sağlaması, renk ve doku uyumu, üst yüzey işlemleriyle gerekli dirençlerin kazandırılabilir olması, çivi ve vida tutma direncinin yüksek oluşu sayılabilir. (Bozkurt ve Göker, 1996; Özcan, 2011)

Ağaç malzeme bu üstün özelliklerinin yanında bazı istenmeyen özelliklere de sahiptir. Bunlar; organik bir madde olmasından dolayı bakteriler, mantar ve tahripçi böcekler ile oyucu deniz organizmaları tarafından kolayca tahrip edilebilir olması, higroskopik ve anizotropik yapısı nedeniyle içinde bulunduğu ortamın sıcaklığı ve bağıl nemine göre denge rutubeti miktarına bağlı olarak ortam ile rutubet alışverişinde bulunmasıdır. Ayrıca, ağaç malzeme bileşiminin karbon ve hidrojen içermesi nedeniyle yanmaya müsait olmasıdır (Le Van ve Winandy, 1990).

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 yada biyolojik etkenlerle bozulmaktadır (Higley and King, 1990).

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).

Ağaç durumda iken toplumun zenginlik kaynaklarından birisi olarak kabul edilir. Orman ele alındığında, sadece bölgenin yağış ve iklim şartlarını değiştirmekle kalmayıp insan, hayvan ve diğer canlıların yaşamında önemli bir yeri vardır. Kesilmesi, biçilmesi, şekillendirilmesi gibi işlemler ile ağaç malzemeye haline gelir ve ekonomik değer haline gelir. Hem ülke ekonomisine hem tüketiciye zarar vermemek için ağaç malzeme ile hazırlanan ahşap elemanların ekonomik ömrünü ve kullanım süresini çeşitli yöntemler ve malzemeler kullanılarak mümkün olduğu kadar uzatarak ondan en yüksek faydayı sağlamak gerekir (Sönmez, 2005).

Bu çalışmada Sarıçam, Doğu Kayını ve Sapelli ağaç malzeme papelleri ile PVAc, Desmodur-VTKA ve Fenol formaldehit tutkalları kullanılarak lamine lamine ağaç malzemeler elde edildi. Üsy yüzeylerine yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik gibi yangın geciktiriciler uygulandı. Isı iletkenliği deneyleri QTM-500 ısı iletkenlik ölçüm cihazı kullanıldı ve Isı iletkenlik katsayıları belirlendi. Yanma örneklerine yapılan deneylerde ise ASTM-E 69 standartlarına göre yanma dirençleri ve yanma sonucu açığa çıkan gazlar araştırılmıştır.

## BÖLÜM 2

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1. AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİĞİ

İnsanoğlunun yaşamına, ister yıldırım düşmesi sonucunda ister kuru ağaç dallarının birbirine sürtünmesi sonucu giren ateş yaşamımızın çok önemli bir parçası olmuştur. Termik bozunma, ısı ve ışık sağladığı için geçmişte olumlu bir işlem olarak görülmüştür. Günümüzde ise ısı ve aydınlatma amaçlı kullanımı zorunluluk veya zevk için (şömine ve kamp ateşi) kullanılmıştır. Uygarlığın bugünkü aşamaya gelmesinde ateşin yeri büyüktür. Bu olumlu yönlerine karşın denetimden çıktığı andan itibaren ateş, yangını oluşturur (Kordina ve Meyer, 1977; Baysal, 1994).

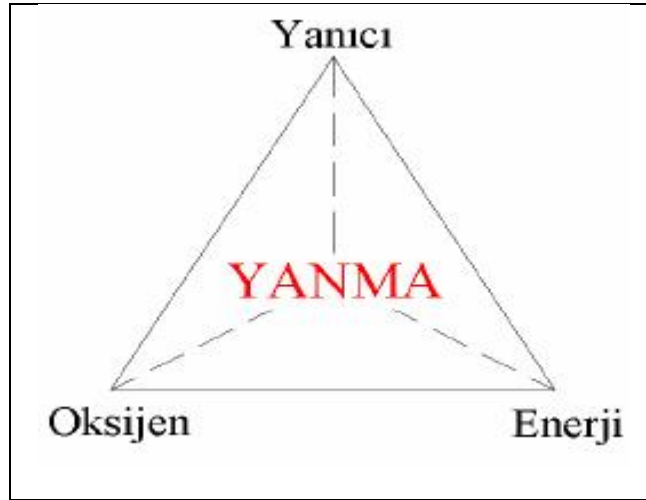
Maddenin ısı ve oksijenle birleşmesi sonucu oluşan kimyasal olaya yanma denir. Yanma olayı; yavaş, hızlı, parlama-patlama ve kendi kendine yanma şeklinde gerçekleşir. Yavaş yanma; yanıcı maddenin bünyesi itibariyle, yanıcı buhar ve gaz meydana getirmediği, yeterli ısının olmadığı, yeterli oksijenin olmadığı halde gerçekleşen yanmadır. Hızlı yanma; yanmanın bütün belirtileri ile olduğu bir olaydır. Belirtileri alev, ışık, ısı ve korlaşmadır. Parlama-Patlama şeklinde yanma; kolayca ateş alan maddelerde parlama görülmektedir. Bir anda parlayarak yanan maddeler çeşitli gazlar halinde gelmekte ve son derece büyük bir hacim genişlemesine uğrayarak etrafını zorlamakta ve patlamalar oluşmaktadır. Kendi kendine yanma; yavaş yanmanın zamanla hızlı yanmaya dönüşmesidir (Başkaya, 2008).

##### 2.1.1. Termik Bozunmanın Olumsuz Yönü: Yangın

Yanma; en genel anlamda yanıcı denen bir maddenin yakıcı olarak adlandırılan bir başka madde ile birleşmesi sonucunda ısı vererek meydana getirdiği olayların

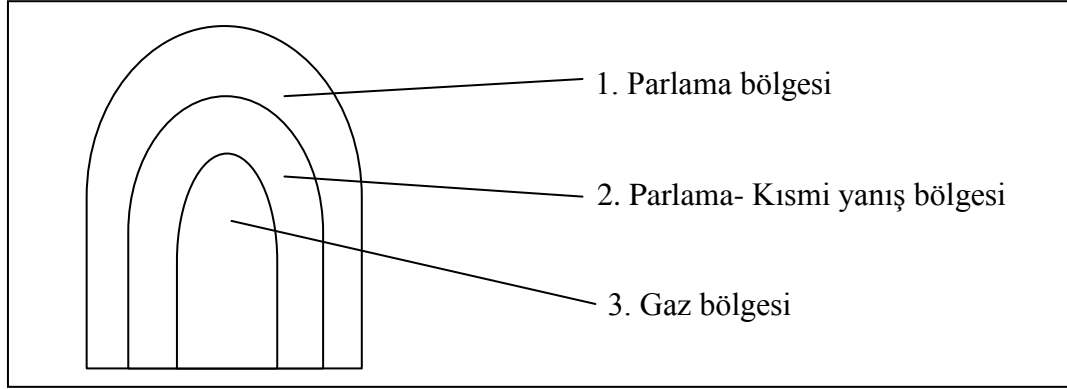
tümüdür. Yakıcı, çoğunlukla oksijen veya oksijen içeren bir başka maddedir. Başka bir tanımlamada ise yanma; malzemenin alev, ışık ve ısı özellikleri gösteren ve çevresine ısı vererek hızlı bir şekilde oluşan oksidasyonu veya tutuşma sıcaklığına kadar ısı almış bir cismin oksijenle birleşmesine denir. Bir maddenin yanabilmesi için havanın en az % 14 - % 18 oksijen içermesi gerekir. Normal şartlar altında havadaki oksijen oranı % 21 dir. Yangın ise "zaman ve mekanda kontrol dışı gelişen yanma olgusudur (Sunar, 1983).

Isı, oksijen ve yanıcı madde bu üçlünün etkileşimine “Yangın üçgeni” Şekil 2.1’de verilmiştir. Eğer bu üçlüden herhangi birisi olmazsa veya gerekli oranda bulunmazsa yanma olayı gerçekleşmemektedir. Isı, oksijen ve yanıcı madde dengesindeki değişiklikler yangının şiddetini artırır veya azaltır. Bir yangının çıkmasına engel olmak, çıkmış bir yangının hızını yavaşlatmak veya durdurmak, adı geçen üç unsurdan birini ortadan kaldırmaya veya bunların dengesini bozmaya bağlıdır(White and Dietenberger,1999; Aslan, 1998; Ülker, 2013).



Şekil 2.1. yangın üçgeni (Abdurrahmanince, 2014).

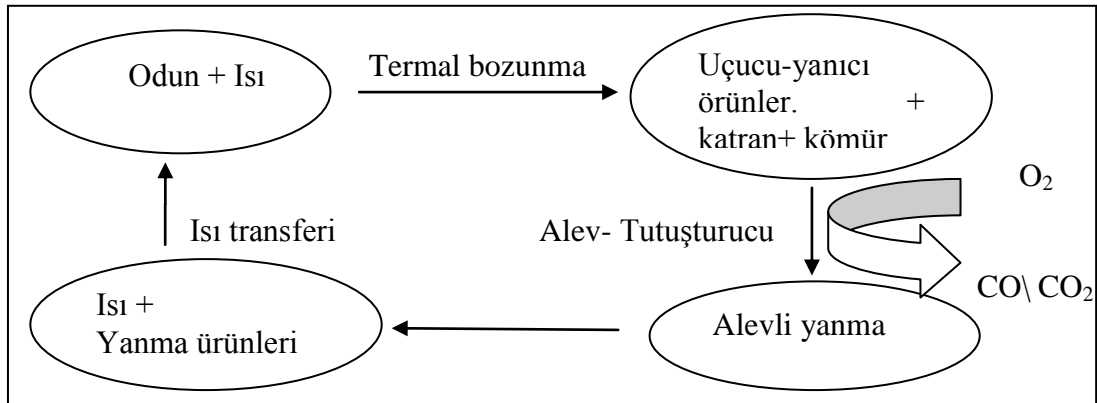
Yanma esnasında görülen alevin oksijen alan dış yüzeyi parlayan, ışık saçan gaz akımıdır. Bu yanma bölgesi altında tam bir yanmanın olmadığı parıldama bölgesi ve çekirdekte ise halen yanmaya girmemiş yanıcı gazlar mevcuttur. Bir alevdeki gaz ve yanma bölgeleri Şekil2.2’de verilmiştir (Uysal, 1997).



Şekil 2.2. bir alevdeki gaz ve yanma bölgeleri (Uysal, 1997).

### 2.1.2. Sıcaklığın Ağaç Malzemeye Olan Etkisi

Odunun termal bozunması 3 aşamalı olarak gerçekleşmektedir. Birinci aşamada; odunun pirolizi ya da ısınması ile kömür (katı kalıntı), katran (sıvı kalıntı) ve gazlar oluşmaktadır. Odunun 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 odun / kömürün pirolizinin devam etmesini sağlamaktadır. Böylece daha fazla miktarda uçucu madde açığa çıkmaktadır. Dolayısı ile oluşan ısı, tekrar odun yüzeyine dönmekte ve bir döngü oluşturmaktadır. Bu döngü Şekil 2.3’de verilmiştir. Döngü odun çevresinin tamamen kömür ile kaplanıp bütün olası gazların çıkışına kadar devam etmektedir (Russell, 2007).



Şekil 2.3. Odunun yanma döngüsü (Russell ve ark, 2007).



Odunun termal bozunması sıcaklığa bağı olarak iki kademe olarak açıklanabilir. Düşük sıcaklık değerlerinde (<300°C) meydana gelen bozunma. Yüksek sıcaklık değerlerinde (>300°C) meydana gelen bozunma. Bu iki reaksiyon aynı anda meydana gelir. Yanmayı geciktirici maddeler, bozunmayı düşük sıcaklıktaki sürece kaydırarak etkili olurlar (Levan, 1989).

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 bağı 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 şu şekilde özetlemiştir. Sıcaklık(°C) 100-200; Ağaç malzeme düzenli olarak ağırlık kaybeder ve CO<sub>2</sub> gibi yanıcı gazlar, az miktarda formik asit, asetik asit ve su buharı meydana gelir. Sıcaklık(°C) 160; Lignin'in bozunmasıyla birlikte ağaç malzeme yüzeyinde kömürleşmiş tabaka oluşumu başlar. Sıcaklık(°C) 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. Sıcaklık(°C) 275-280 Kontrolsüz olarak yüksek miktarda ısı açığa çıkar. Metanol, etonoik asid ve bu maddelerin hamalogları olan gaz ve sıvı ürünlerde artış olur. Sıcaklık(°C) >280 Gaz çıkışı ve kömürleşmiş tabaka oluşumu hızlanır. 280-320 °C pik sıcaklık aralığında reaksiyonlar oldukça ekzotermiktir. Sıcaklık(°C) >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 ortamdan uzaklaştırılmasından sonra da ağaç malzeme yanabilir. Ağaç

malzeme, özelliğine bağı 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. Sıcaklık(°C) >450 Geriye kömür kalır. Karbonmonoksit ve suyun okside olması ile degradasyon daha da ileri gider.

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).

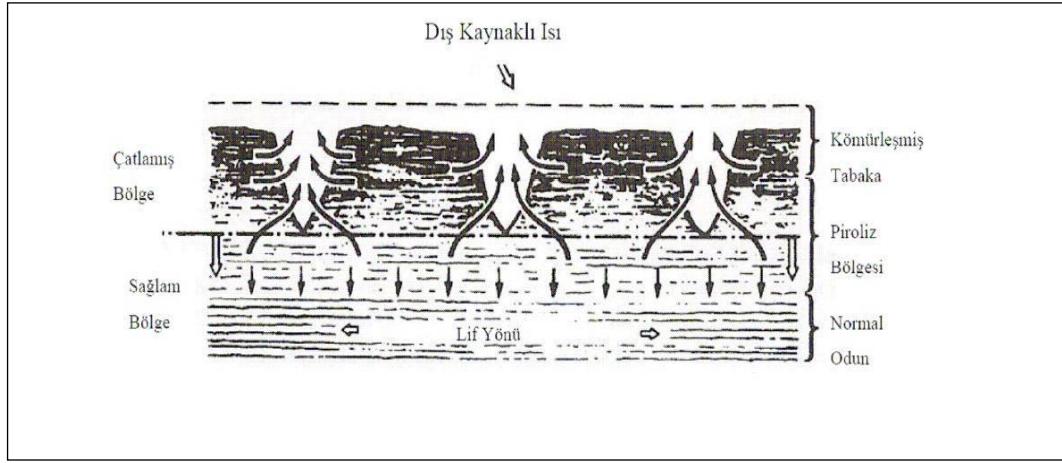
Ahşap malzeme ısıya ve havaya maruz kaldığında yanacaktır. Ahşabın termal bozunması aşamalar halinde meydana gelir. Bozunma prosesi ve termal bozunma ürünlerinin tümüyle ortaya çıkması ısı oranına ve sıcaklık değerine bağlıdır. Ahşabın tutuşması sırasında meydana gelen olaylar zinciri şöyledir (White ve Dietenberger, 1999).

Isıya maruz kalan ahşap malzeme uçucu gaza dönüşebilen sıvıya ve kömürleşmeye ayrışır. Kömürleşme, daha ziyade 300 °C nin üzerinden meydana gelen sıvı çıkışına ters olarak 300 °C nin altında meydana gelir. 400-500 °C arasında ahşap malzemeden ayrılan sıvı madde havayla temas ettiğinde tutuşabilir. Gaz hali tutuşmaları alev olarak gözlemlenir. Hava dolaşımıyla birlikte oluşan kömürleşme oksidasyonu 360 ve 520 °C deki pik noktalarıyla beraber 200 °C de belirgin bir şekilde gözlemlenir (White ve Dietenberger, 1999).

Ahşap malzeme yeterli ısı ve atmosferde yeterli oksijenle bulduğunda 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 bulunmadığı durumdur. Ahşabın yüzeyindeki yanma enerji akışından ya da alev veya ısıtılmış kaynaklardan

dolayı oluşan ısı değişikliğinden meydana gelir. Bu enerji akışı ya da ısı değişimi, her ikisi de ısı ve ışın bileşimlerine sahip olabilir (White ve Dietenberger, 1999).

Ağaç malzemenin fiziksel yapısı, 300 °C sıcaklığın üstünde hızla bozunmaya başlar. Fiziksel yapıdaki bu bozunma ilk önce yüzeyde görülür, kömürleşmiş üst tabaka içinde liflere dik küçük yarıklar oluşur. Oluşan bu yarıklar timsah sırtı olarak isimlendirilir Şekil 2.4’de verilmiştir. Kömürleşmiş tabakanın derinliği arttıkça bu yarıklar genişler ve timsah sırtı olarak adlandırılan karakteristik yarıklı oluşur (Roberts, 1971).



Şekil 2.4. Boy yönünde yanma veya pirolizde oluşan timsah sırtı (Roberts, 1971).

Yangın geciktirici maddeler ile işlem görmüş ağaç malzemenin kömür tabakasının mikro yapısal incelemesi yapıldığında; işlem görmemiş ağaç malzemeye göre farklı kömürleşme olduğu, bu kömürleşme içerisinde yangın geciktiricilerin makro parçalarının bulunduğu bu parçaların oluşumu, kömürleşme derecesi ve kömürün görünümü üzerinde etkili olmaktadır (Zicherman vd., 1982).

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).

### 2.1.3. Yanmanın Yapı Malzemelerine Olan Etkisi

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 konstrüksiyonun da yangının başlamasına neden olmaktadır. Böylelikle tehlike ve zarar çok büyük boyutlara ulaşmaktadır (Uysal, 1997).

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).

Ahşabın yapılarda taşıyıcı malzeme olarak kullanılması 19 y.y. başlarıdır. Endüstri devriminden sonra malzeme teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak mimari anlayış belirli ölçüde özgürlük kazanmıştır. Gelişen ekonominin ve tekniklerin etkisiyle doğal ahşap yeniden yorumlanarak, ahşaptan kompozit malzemeler elde edilmeye başlanmış, kullanım alanı genişlemiş ve esneklik kazanmıştır. II. Dünya savaşı ve onu izleyen yıllarda sanayi kollarında geliştirilmiş olan tutkal çeşitleri ile birlikte “tutkallı lamine konstrüksiyonlar” ortaya çıkmış ve bu da mimaride ahşap kullanımına farklı boyutlar getirmiştir (Beceran, 2000).

Günümüzde yangın güvenliğine karşı duyulan hassasiyet nedeniyle mimarlar, yapı malzeme tasarımcıları, mobilya ve ahşap fabrikaları ahşap malzemenin yangına karşı direncinin en etkin biçimde sağlanması üzerinde önemle durmaktadırlar. Ağaç

malzemenin bilinen yanma özelliklerinin yanında uygulanan emprenye, vernikleme, boyama vb. çeşitli işlemlerin yanma direncine etkisinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir (Aksoy, 2010).

Odunun karmaşık yapısı yanma davranışının matematiksel bir fonksiyon olarak açıklanmasını zorlaştırır. Odunun 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 ve uçucu gazların bu noktalardan yoğun çıkışıdır (Drysdale, 1999).

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 kompleks yapısının ve yangın şiddetinin azalacağını düşünmek olasıdır. Özellikle yangın dumanlarının zehirliliği yaklaşık kırk yıldır araştırılan bir konudur ancak bu konuda henüz tüm taraflar açısından kabul edilmiş tek bir model geliştirilmemiştir (Gann vd., 2001).

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).

Yangının şiddeti; “yapıya veya içindekilere vereceği zarar potansiyelinin bir ölçüsü” olarak tanımlanabilir (Ata Kuş, 2003).

Sıcaklık, oksijen ve yanıcı madde dengesindeki değişiklikler yangının şiddetini artırır veya azaltır. Bir yangının çıkmasına engel olmak veya çıkmış bir yangının hızını yavaşlatmak veya durdurmak, adı geçen üç öğeden birini ortadan kaldırmaya veya bunların dengesini bozmaya bağlıdır (Aslan, 1998; Aydın, 1994).

Yangına karşı dayanıklılık, genel anlamda, “Yanmaya maruz kalan herhangi bir yapısal elemanın fonksiyonunu devam ettirebilme kabiliyeti” olarak tanımlanmaktadır. Yanma dayanımı açısından yapısal bir elemanın üç fonksiyonundan bahsedilebilmektedir. Bunlar, “Yük Taşıma kapasitesi”, “alev geçirmezlik (yapısal bütünlük)” ve “ Isı aktarımı (Termal yalıtım)”dır (Bostrom, 2002).

Yapı islerinde kullanılan metal malzeme yangına maruz kaldığında ısıya duyarlı olduğundan kısa sürede boyutsal çalmaya başlamakta ve bağlantı noktalarından ayrılmalar olmaktadır. Bu da yapı için dezavantaj oluşturmakta ve yıkılma gerçekleşmektedir (Okçu, 2006).

Ağaç malzeme yanabilir olmasına karşın, diğer yapı malzemelerine göre yangına katkısının minimum düzeyde olduğu ve yangının ilk aşamalarında da olsa mükemmel direnç özellikleri gösterdiği bilinmektedir. Yangının yayılmasına karşı nispeten yüksek direnç gösterirken, önemli bir tahribat veya direncinde hızlı bir azalma oluşmamaktadır. Örneğin, çelik ergime noktasına ulaştığında aniden çökerken, özellikle çelik kısımları çevreleyen ve demir aksami içine alan beton meydana gelen gerilim farkından dolayı çatlamakta veya parçalanmaktadır. Beton içerisindeki demir çubuklar ergime noktasına ulaştıklarında yüksek bir gerilme etkisi

altında kaldıklarından yapının tümünün çökmesi önlenirse bile büyük ölçüde tahrip olunmasına engel olunamamaktadır. Hatta, demir ve çelik aksam ergime noktasına ulaşmadan yangın söndürülmesine rağmen, meydana gelen gerilmeler nedeniyle deformasyonların ve ayrılmaların bir süre daha devam ettiği bildirilmektedir (Eriç, 1985).

## **2.2. ISI İLETKENLİĞİ**

### **2.2.1. Isı Yayılmı**

Isı hareket kabiliyetine sahip bir enerji çeşitidi olarak adlandırılır ve depolanabilir. Sıcak bir ortamdan soğuk olan bir ortama doğru sürekli bir akım halindedir. Sistemden içeri giren ısı, sistemin iç enerji olarak kabul edilir. Sistemden ayrılan iç enerji ise ısı olarak adlandırılır. Sıcaklık ise taşınamayan, depolanamayan ve termometre ile ölçülen durum büyüklüğüdür. Sıcaklık farkı, ifade ettiği birimden etkilenmeksizin hep “grd” ile gösterilir. Sistem sınırlarla çevresinden ayrılmış ortamdır. Sistem sınırı sabit ve hareketli olabilir. Çevresiyle madde alış verişinde bulunan açık, çevresiyle madde alış verişinde bulunmayan sistem kapalı sistemdir. Stasyoner akışı zaman faktörü kütle akısını ve durum büyüklüğünü etkilemez. Kütle olarak sürekli meydana geldiği akışkanın bir kesitteki hızı zaman bağı olarak değişmez. Enstasyoner akış ise sistemin her hangi bir kesitindeki durum büyüklükleri zamana bağı olarak değişirler. Bu nedenle sistemin herhangi bir kesitinden geçen akışkan (akışkan debisi) zamanın fonksiyonu olarak değişir. Süreklilik eşitliği akış debisi, hızı ve bu hızın etkili olduğu akış kesiti ile, bu kesitteki akışkan yoğunluğu arasındaki bağıntıdır. Bir ortamda sıcaklıkları farklı iki cisim bulunuyorsa yeterli bir zaman aralığında gerçekleşen ısı alış veriş sonunda cisimlerin sıcaklıklarının eşitlenmesi olayı termik durum eşitliği olarak adlandırılır. Termik dengeyi ifade etmek için termik durum eşitliği kullanılır. Termodinamik koordinatlar olarak isimlendirilen; özgül hacim ( $v$ ), sıcaklık( $\pm$ ) ve basınç ( $p$ ) arasında değişmeyen bir bağıntı verir (Özcan, 2007).

Sistemin iç enerjisi, sistem içerisinde depolanan enerjidir. Teknikte  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki iç enerjinin 0 olduğu kabul edilir. Sistemi terk eden enerjinin işareti (-), sisteme giren enerjinin işareti (+) ile gösterilir. Özgül ısı, akışkanın bir kg'ını  $1^{\circ}\text{C}$  ısıtmak için

kullanılan ısıya akışkanın özgül ısısı denir. İki tür özgül ısı vardır. Sabit hacimdeki özgül ısı ( $c_v$ ) : 1 °C' lik ısıtma işlemi sırasında akışkanın hacmi korunarak sarf edilen ısı miktarıdır. Sabit basınçtaki özgül ısı ( $c_p$ ) : Sabit basınç altında 1°C ısıtılan sistemin 1 kg'na sarf edilecek ısı miktarıdır (Özcan, 2007).

### **2.2.1.1. Isı Yayılım Mekanizmaları**

Konüksiyon; Doğrudan temas ile ısı transferidir. Yoğunluk oldukça kodüksiyon artar. Akışkanların (özellikle gazlar) termal iletkenlikleri oldukça düşüktür. Metalik bağla bağlı malzemelerin iletkenlikleri iyonik ve kovalent bağlı malzemelere göre çok daha yüksektir (Aku.edu., 2015).

Konveksiyon yöntemi; Katı bir yüzey ile bir akışkan (sıvı veya gaz)arasındaki ısı transferi konveksiyon mekanizması ile meydana gelir. Sıvının içindeki sıcaklık farkı, yoğunluk farkına sebep olur. Bu yoğunluk farkından dolayı sıcak olan sıvı nisbeten soğuk olan sıvı yer değiştirir ve bu sayede sıcak olan kısımlarda soğur (Aku.edu., 2015).

Işınım (Radyasyon); 0° C sıcaklığın üzerinde bir sıcaklığa sahip her nesne çevresine bir miktar enerji yayar. Bu yayılan enerji 0.1-100 mikron arası dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalar şeklinde yayılırlar. Transfer için herhangi bir ortama gerek yoktur, ışınım mükemmel vakum ortamında bile gerçekleşebilir (Aku.edu, 2015).

### **2.2.2. Ağa Malzemede Isı İletim Kabiliyeti**

Bir sisteme lokal olarak herhangi bir ısı tatbik edildiğinde cismin o kısmındaki moleküllerde titreşim enerjisi yükselir. Bu moleküller civarındaki moleküllere çarparak yeni kazanılan enerjiyi çarptığı moleküllere iletir. Bu komşu moleküllerde daha sonra kazandıkları enerjinin bir kısmını daha uzaktaki moleküllere iletirler. Şayet yukarıda belirtilen ısı kuvveti daha sonra kesilir ve dışarıya herhangi bir ısı kaybına müsaade edilmezse sonunda sistem daha yüksek ve yeknesak seviyede daimi bir sıcaklık durumunu elde edecektir. Aynı sisteme yeknesak bir hız ile ısı



verilmesine devam edilir ve hiç bir ısı kaybına müsaade edilmezse bir sıcaklık akışı teşekkül eder (Bozkurt, 1971).

Sürekli tatbik edilen ısının bir kısmı kaybolursa zamanla öyle bir duruma ulaşır ki bu durumda elde edilen ısı sarf edilen ısıya eşit olur, bu hale Steady state adı verilmektedir (Özcan, 2007).

İki yüzey arasındaki sıcaklık farkı  $dt = t_2 - t_1$ , kalınlığı  $e$ , yüzey alanı  $A$  olan ağaç malzemeden  $z$  zamanında geçen ısı miktarı ( $Q$ );  $dt$ ,  $A$ ,  $z$  ve ağaç malzemenin ısı iletkenlik katsayısı ( $\lambda$ ) ile doğru orantılı, kalınlık ( $e$ ) ile ters orantılıdır. Buna göre;  $Q = \lambda \frac{A \cdot z \cdot dt}{e}$  yazılabilir. Buradan malzemenin ısı iletkenliği katsayısı için;

$$\lambda = \frac{Q \cdot e}{A \cdot z \cdot dt} = \text{kcal/mh}^\circ\text{C} \quad (2.1)$$

eşitliği elde edilir. Bir cismin içindeki boşluk miktarı arttıkça ısı iletkenliği azalır. Bu bakımdan odun iyi bir ısı yalıtkanındır (Örs ve Keskin, 2001).

Yukarıdaki formülde görüldüğü gibi ısı iletme katsayısı, aralarında 1 cm açıklık bulunan karşılıklı paralel iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı 1 °C olan 1 cm<sup>3</sup> lük bir materyalden bir saniyede geçen ısı miktarıdır (Özcan, 2007).

#### **2.2.2.1. Ağaç Malzemede Isı iletme Kat sayısının Bulunması**

Şimdiye kadar yapılan denemelerde elde edilen sonucalara göre ağaç malzemede ısı iletme katsayısı sabit değildir. Çünkü hücre yapıları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Aynı ağaç türünde dahi odunu teşkil eden hücrelerin büyüklükleri ve zar kalınlıkları farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle her birim hacmindeki hücre zarı maddesi miktarı farklıdır. Bununla beraber odunu teşkil eden hücrelerin pek çoğu bir istikamette dizilmiştir. Bu husus ısı iletimi bakımından çok önemlidir. Odunda ısı faaliyeti üzerine hava su ve yabancı madde miktarına etki etmektedir. Ağaç malzemede bulunan kusurlarda ısı iletimi üzerinde menfi tesir etmektedir (Özcan, 2007).

### 2.2.2.2. Yoğunluk İle İlgili Olarak Tam Kuru Odunda Isı İletimindeki Değişmeler

Çeşitli ağaç türleri odunlarında yapılan araştırmalara göre, ısı iletme katsayıları tam kuru yoğunluk ile ilgili olarak değişme gösterdiği ve aradaki münasebetin hemen hemen 45° derecelik bir açı ile seyreden bir doğruya paralel olduğu anlaşılmıştır. Buna göre ampirik bir formül olarak tam kuru yoğunluk ile ısı iletme katsayısı arasındaki ilişki;

$$K = 0.1724.g + 0.00203 \text{ olarak bulunmuştur.} \quad (2.2)$$

Burada (K) ısı iletme katsayısını, (g) ise ağaç malzemede tam kuru özgül ağırlığı ifade etmektedir. Esitlik analiz edilecek olursa özgül ağırlığın sıfır olması halinde bu katsayı 0.0203 olmaktadır ki buda havanın ısı iletme katsayısından başka bir şey değildir. Bu itibarla ağaç malzeme içerisindeki hava boşluğu hava hacminin de ısı iletme katsayısının bulunmasında yardımcı olmaktadır. Odun içerisindeki hava boşluğu hacim yüzdesi

$$P = 100 \left( 1 - \frac{g}{1.5} \right) \quad \frac{P}{100} = 1 - 0.667 g \text{ dir.} \quad (2.3)$$

Burada (P) ağaç malzemedeki hava boşluğuna (g) tam kuru özgül ağırlığını ifade etmekte, (1.5) değeri ise hücre zarının özgül ağırlığı bulunmaktadır. Yukarıdaki formülün sol tarafına 0.0203(1-0.667), sağ tarafına da 0.0203 P/100 değeri ilave edilecek olursa esitlik bozulmayacağına göre;

$$K = 0.1859 + 0.000203P \text{ elde edilecektir ( Özcan, 2007).} \quad (2.4)$$

### 2.2.2.3. Lif Yönü İle İlgili Olarak Ağaç Malzemedeki Isı İletme Kabiliyeti

Bu hususta henüz geniş bilgi olmamasına rağmen elde edilen bilgilere göre liflere teğet yönde odunda ısı iletme kabiliyeti radyal yöndekinden biraz daha azdır. Liflere paralel yönde ısı iletme kabiliyeti, liflere dik yöndekinden 2.25 ile 2.75 defa daha büyüktür. Özellikle liflere dik yönde odun maddesi iyi bir izolatördür. Liflere dik yönde ısı iletimi hava dolu lümenlerin azlığı nedeni ve kesilmeler dolayısıyla ısı akısına fazla miktarda karşı koyma mevcuttur. Odunun ısıya karşı izolasyon özellikleri çok fayda sağlar. Isı iletme katsayısı radyal yönde, teğet yöndekinden takriben % 5-10 daha büyüktür (Bozkurt, 1971).

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki liflere paralel yönde ısı iletme katsayısı ısı geçişinin çok farklı olması sebebi ile büyük farklılıklar göstermektedir. Odunda ve odundan yapılan malzemelerde ısı geçişinde lif yönünün etkisi şöyle açıklanabilir. Aslında iki sınır hali mevcuttur. Liflerin ısı akış yönüne paralel sıralanışı. Bu durumda çok sayıda ısı köprüleri kurulur. Liflerin ısı akış yönüne dik sıralanışı: Bu durumda çok az sayıda ısı köprüleri meydana gelir (Özcan, 2007).

## 2.3. LAMİNASYON

Ağaç malzemedeki en yüksek verimin alınabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalatlarda diyagonal liflilik oluşmaması için laminasyon tekniği kullanılmaktadır. Böylelikle küçük parçacıklardan yüksek kalitede ve istenilen formda lamine masif ağaç malzeme elde edilebilmektedir. Laminasyon ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak kullanılmasına mümkün kılmakta ve üretilen malzemenin kalite özellikleri masif ağaç malzemedeki daha iyi olmaktadır (Özcan, 2007).

Lamine ağaç malzeme yapı sektöründe ticari olarak kullanılan en eski ahşap malzemedir. Son yıllarda, lamine teknolojisindeki gelişmeler lamine ağaç malzeme kullanımının artmasında önemli rol oynamıştır. Lamine ağaç malzeme ile kereste malzeme karşılaştırıldığında, lamine ağaç malzeme, keresteden daha geniş ebatlarda

ve daha kusursuz malzeme olarak ön plana çıkmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1987; Dilik, 1997; Peterson et al., 1981).

Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalatlarda diyagonal liflilik oluşmaması için laminasyon tekniği kullanılmaktadır. Böylece küçük boyutlu ağaç malzemelerden yüksek kalitede ve istenilen formda lamine masif ağaç malzeme üretilmektedir. Laminasyon tekniği ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak kullanılmasına imkân sağlamakta ve üretilen malzemenin kalite özellikleri masif ağaç malzemedeki iyidir (Kurt, 2006)

Masif ağaç malzemedeki üretilen elemanların boyutları sınırlı olmasına rağmen, laminasyon sistemi ile daha büyük boyutlu ürünler elde etmek mümkündür. Özellikle tutkallı kiris sayesinde büyük açıklıklar kolonsuz geçilebilmektedir. Lamine ağaç malzeme üretmek için ince parçalar halinde kesilen ağaç malzeme, imalata girmeden önce kolay ve ekonomik olarak kusursuz kurutulabilmekte, büyük boyutlu ağaç malzemeler ise kısa sürede ve kusursuz kurutulamadığından ek bir kurutma maliyeti gerekmektedir. Mimaride ve iç dekorasyonda istenilen formda çalışma imkanı sağlanmaktadır. En ve boy birleştirme yöntemlerinin uygulanması ile çok küçük boyutlardaki (min. 20 cm) ağaç malzeme kullanıldığından fire oranı azalmaktadır. Ayrıca, ağaç malzemenin bünyesindeki kusurlarından (budak, çatlak, lif kıvrıklığı, çürüklük, reaksiyon odunu vb.) arındırılarak kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Lamine edilmiş ağaç malzeme, aynı cins masif ağaç malzemeye göre daha az çalışmaktadır. Bu nedenle boyutsal bakımdan daha stabildir. Aynı ağaç lamine eleman üzerindeki lamine katlarda farklı kalınlık ve renkte ağaç malzeme kullanılabilirdiğinden daha estetik malzeme elde edilebilmektedir (Örs ve Keskin, 2001).

Lamine edilmiş ahşap malzeme bünyesindeki tutkal sayesinde nemli ortamlarda son derece yüksek performans göstermektedir. Bu yapıların özellikle arıtma tesisleri, yüzme havuzları gibi yapılarda ve köprülerde yaygın olarak kullanılmalarının esas nedeni budur. Asit ve baz buharlı ortamlardan etkilenmemektedir. Bu sistemlerin inşaat maliyetleri Avrupa ölçeğinde, çelik iskelet sistemleri ile hemen hemen aynı durumdadır (Yesügey, 2002).

Ahşap lamine malzemeler iki veya daha fazla katmanın tutkalla yapıştırılması ve katmanların lif yönleri birbirine paralel ya da dik gelecek şekilde birleştirilmesi ile elde edilir. Lif yönlerinin paralel gelecek şekilde hazırlanması fazla yaygın olarak kullanılmaktadır. Eğer, meydana getirilen ahşap lamine eleman kavisli ise katların lif yönlerinin paralel olarak tatbik edilme mecburiyeti vardır. Laminasyonda değişik ağaç türü, değişken kat sayısı, farklı boyut, şekil ve kat kalınlıkları uygulanabilmektedir (Kurtoğlu vd., 1979).

Laminasyonun Yararları; Masif ağaç malzemeden üretilen elemanların boyutları sınırlı olmasına rağmen, laminasyon sistemi ile daha büyük boyutlu ürünler elde etmek mümkündür. Özellikle tutkallı kiris sayesinde büyük açıklıklar kolonsuz geçilebilmektedir. Lamine ağaç malzeme üretmek için ince parçalar halinde kesilen ağaç malzeme, imalata girmeden önce kolay ve ekonomik olarak kusursuz kurutulabilmekte, büyük boyutlu ağaç malzemeler ise kısa sürede ve kusursuz kurutulamadığından ek bir kurutma maliyeti gerekmektedir. Emprenye işlemini kolaylaştırır. Mimaride ve iç dekorasyonda istenilen formda çalışma imkânı sağlamaktadır. Kuru malzeme olduğundan taşınması istifi ve tespiti kolaydır. En ve boy birleştirme yöntemlerinin uygulanması ile çok küçük boyutlardaki (min. 20 cm.) ağaç malzeme kullanılabilirdiğinden fire oranı azalmaktadır. Ayrıca, ağaç malzemenin bünyesindeki kusurlarından (budak, çatlak, lif kırıklığı, çürüklük, reaksiyon odunu vb.) arındırılarak kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Lamine edilmiş ağaç malzeme, aynı cins masif ağaç malzemeye göre daha az çalışmaktadır. Bu nedenle boyutsal bakımdan daha stabildir. Aynı ağaç lamine eleman üzerindeki lamine katlarda farklı kalınlık ve renkte ağaç malzeme kullanılabilirdiğinden daha estetik malzeme elde edilebilmektedir. Kritik gerilmelerin olduğu yerlerde kesit arttırılabilir (Keskin, 2001).

Lamine ağaç malzemenin bir diğer önemli avantajı ise, çok çeşitli kesitlerde kullanılabilmesidir. Lif yönü, tutkal tipi, ağacın yoğunluğu ve lamine kalınlığı gibi üretim parametreleri ve hammaddelerin çeşitliliği, lamine olusturulmasında ve son ürünün kalitesinde önemli bir rol oynar (Godman , 1988; Kurtoglu, 1979; Moody and Hernandez 1997; Rickter and Schwab, 1992; Youngquist et al., 1984; Youngquist ve Braynt, 1979).

Laminasyonun Sakıncaları; Ağaç malzemenin tutkallanmaya hazırlanması ve tutkallanması, son ürün üzerinde ek bir işçilik maliyeti gerektirmektedir. Lamine ürünün direnci, en boy birleştirmede ve yapıştırımda kullanılan tutkalın kalitesine de bağlıdır. Yüksek dirençli tutkalların maliyetinin yüksek olması ek bir maliyet gerektirmektedir. Laminasyon imalatının yapılacağı fabrika binasının özel planda yapılması, özel ekipmanlar gerektirmesi ve kaliteli elemana olan ihtiyaç, ürünün maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Büyük boyutlu kavisli taşıyıcı elemanların nakliyesinde genellikle güçlüklerle karşılaşmaktadır (Keskin, 2001).

Laminasyonda Asgari Üretim Şartları; TS EN 386'ya göre, lamine elemanların üretildiği ortamın sıcaklığı en az 15 0C ve bağıl nemi ise % 40 – 75 arasında olmalıdır. En ve boy birleştirme uygulanmış parçaların ek yerleri, birbirlerini takip eden katlarda üst üste gelmemeli ve mümkün olduğunca sasırtmalı olarak düzenlenmelidir. DIN 1052 ve DIN 68140'a göre; birbirini takip eden katlarda iki birleştirme arasındaki uzaklık > 300 mm olmalıdır. Lamine elemanı oluşturan katlar arasında rutubet farkı %4'ten fazla olmamalıdır (DIN 1052, 1988; DIN 68140, 1998).

Lamine ahşap teknolojisi ilk olarak Avrupa'da ortaya çıkmıştır. 16. yüzyılda büyük deha Leonardo Da Vinci, ahşabın taşıyıcı bir strüktür malzemesi olarak daha değişik bir tasarımı üzerinde çalışmıştır. O çağlarda ahşap, taşıyıcı bir eleman olarak daha çok doğal ağaç gövdesinin şekillendirilmesi suretiyle kullanılmaktaydı. Da Vinci, ahşap kütüklerin daha ince olarak dilimlenmesi ve bu dilimlenmiş kerestelerin kenarlarının dişlendirilmesi ve üst üste yapıştırılması veya yine ahşap kamalarla birbirine bağlanmasıyla oluşturulacak birleşik kesitlerin, daha büyük açıklıkları geçebilecek bir takım yapı taşıyıcı elemanları olarak kullanılabileceğini belirlemiştir. Daha sonra birtakım araştırmacılar, aynı prensipten yola çıkarak, değişik boyut ve formlarda taşıyıcı yapı elemanları tasarlamaya devam etmişlerdir (Yesügey, 2002).

Çatlaklar, lamine ağaç malzemenin tutkallanma ve direnç özelliklerini azaltan kusurlardır. Ağaçta dikili haldeyken büyüme gerilmelerinden kaynaklanan çatlakları, iç çatlaklar ve öz çatlakları meydana gelmektedir. Ormandan kesimi yapılan ağacın

kurutulması sırasında bu çatlaklar daha da artmakta ve ağaç malzemenin mekanik özelliklerinde azalmaya neden olmaktadır (Kurt, 2006).

Ahsabın yapılarda taşıyıcı malzeme olarak kullanılması 19 y.y. başlarıdır. Endüstri devriminden sonra malzeme teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak mimari anlayış belirli ölçüde özgürlük kazanmıştır. Gelişen ekonominin ve tekniklerin etkisiyle doğal ahşap yeniden yorumlanarak, ahşaptan kompozit malzemeler elde edilmeye başlanmıştır, kullanım alanı genişlemiş ve esneklik kazanmıştır. II. Dünya savaşı ve onu izleyen yıllarda sanayi kollarında geliştirilmiş olan tutkal çeşitleri ile birlikte “tutkallı lamine konstrüksiyonlar” ortaya çıkmış ve bu da mimaride ahşap kullanımına farklı boyutlar getirmiştir (Becerem, 2000).

Masif ağaç malzemenin büyük boyutlu ve kavisli elemanlarda tek parça olarak kullanılması, gerek ekonomik ve gerekse teknik açıdan elverişli değildir. Büyük boyutlu taşıyıcı elemanların üretiminde, tek parça masif ağaç malzeme kullanılması imkânları sınırlıdır. Çünkü ağaç malzemede bulunan budak, çürük, çatlak, lif kıvrıklığı (spiral liflilik) vb. kusurların tamamen giderilmesi mümkün görülmemektedir. Kavisli elemanların üretiminde masif ağaç malzemenin tek parça olarak kullanılması fire oranını arttırdığından ekonomik değildir. Ayrıca, eğri forma göre kesilen ağaç malzemede diyagonal liflilik oluşacağından direncini olumsuz etkiler (Kurt, 2006).

#### **2.4. ÜST YÜZEY İŞLEMİ**

Üst yüzey işlemleri tanımı değişik çevrelerce çoğu zaman farklı şekilde yapılmasına rağmen aynı anlam altında toplanırlar; Ağaç malzemedan üretilen mobilya ve dekorasyon elemanlarını korumak ve estetik değerini arttırmak için yapılan renklendirme, renk açma ve koruyucu katman oluşturma işlemleri şeklinde tanımlanır (Sönmez, 2005).

Ağaç malzeme her ne kadar harici etkilere karşı kendisini koruyacak doğal dayanıklılığa sahip ise de bazı etkilere karşı korumasız olarak uzun süre dayanıklı kalmaz. Ağaç malzeme korumasız halde iken zarar verebilecek başlıca etkenler

şunlardır. Mekanik etkiler, fiziksel etkiler, kimyasal etkiler, ışık etkisi, biyolojik zararlıların etkisi, dış hava şartlarının etkileri olarak sıralanabilir (Sönmez, 2005).

Yukarıdaki etkenlerden bir yada birkaçına mağruz kalan ağaç malzeme kısa sürede yıkmlanır. Ağaç eşyayı bu etkilere karşı korumak için vernik yada benzeri üstyüzey malzemeleri ile kaplanması gerekir. Bu kaplama işlemide kullanılacak üstyüzey malzemesi belirlenirken ağaç malzemenin ve kullanılacağı yerin özelliklerine göre seçim yapılmalıdır (Sönmez, 2005).

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 malzeme mobilya üretimi, iç mekan tasarımı ve dış mekan elemanları gibi birçok alanda kullanılmaktadır. 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).

Ağaç malzeme yüzeyleri vernik veya diğer maddeler ile kaplanmaması durumunda bulunduğu ortamdan etkilenerek kimyasal veya biyolojik bozunmaya maruz kaldığı ifade edilmektedir. Bu tür olumsuzlukları gidermek amacıyla malzeme yüzeyine uygulanan vernik veya üstyüzey işleminin olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Örs ve Atar, 2000).

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 cins 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 malzemenin yanmaya karşı dayanımının artırılması çalışmaları eski çağlara kadar uzanmaktadır. Örneğin, kömürleştirme işleminin, 4000 yıl önce ağaç malzemenin korunmasında ilk önlem olarak ortaya çıktığı, ayrıca Efes'teki Diana Mabedi'nin kömürleştirilmiş ağaç direkler üzerine kurulduğu belirtilmiştir (Var, 2000).

Eski Yunanlıların M.Ö. 700 yılında ağaç malzemeyi deniz suyuna daldırması suretiyle yanmaya karşı dayanıklı hale getirmesi, pratikte uygulanan yöntemlerin temelini oluşturmuştur. Eski Mısırlılar ağaç malzemeyi yanmaya karşı dayanıklı hale getirmek için şapla muamele etmişlerdir. Romalılar ise teknelerini yanmaya karşı korumak amacıyla şap ve sirke çözeltilerinin karışımını malzeme yüzeylerine sürmüşlerdir. Gay Lussac 1820 yılında selülozik malzemelerin yanmaya karşı korumada amonyum fosfatların ve boraksın kullanımını savunmuştur. Bugün kullanılan yanmayı geciktirici inorganik kimyasalların birçoğu 1800-1870 yılları arasında ortaya çıkarılmıştır. Bu tarihten sonra bu konuda yapılan çalışmalar büyük bir hız kazanmıştır. Yanmayı geciktirici kimyasalların ilk olarak ticari anlamda kullanımı, 1895 yılında Amerikan Deniz Kuvvetlerinde gemi inşaatında ağaç malzemelerde ve 1899 yılında New York'daki 12 katlı yapılarında olmuştur. (Levan, 1984; Reh, 1992).

1900'lü yıllardan sonra yangınlardan dolayı insan ölümlerini azaltmak amacıyla özellikle yapılarda kullanılan ağaç malzemenin korunmasına önem verilmiştir.

Günümüzde birçok ülkede yüksek katlı yapılardaki kapı ve mobilya gibi ağaç malzemeden yapılan ürünlerin yanmayı geciktirici kimyasallarla muamele edilmesi neredeyse zorunluluk haline getirilmiş olup, bu ürünlere olan talep her geçen yıl artma göstermektedir (Ayrılmış, 2006).

Üstyüzey işlemleri, ağaç malzemeyi estetik olarak güzel göstermesinin yanında onu açık hava etkilerine, kimyasal etkilere, mantar ve mikroorganizmalara karşı da korumasını sağlamaktadır. Böylece ağaç malzeme boyutsal stabilitenin yanında mekaniksel olarak da dayanım kazanmaktadır (Feist et al, 1982).

Her geçen gün azalan orman alanlarına ters orantılı olarak kişi başına tüketimin artması, ağaç malzemenin daha uzun süre kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Ağaç malzemenin yüzeylerini dış etkilere karşı korumak amacıyla değişik vernik katmanı ile kaplamak en yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Üstyüzey işlemi yapılmaksızın dış ortam şartlarında uzun süre kalan odunda ligninin bozunduğu, dışa yakın kısımları hariç selülozun oldukça az etkilendiği bildirilmiştir (Stamm, 1978).

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).

## **2.5. LİTERATÜR ÖZETİ**

Aytaşkın (2009), Kavak (*Populus nigra*), Kestane (*Castanea sativa*) ve Ihlamur (*Tilia gümüşü*) ağaç örneklerinde boraks, borik asit, boraks + borik asit, sodyum silikat, di amonyum fosfat, amonyum sülfat, çinko klorür ve poliüretan tutkalını kullanarak basınç-vakum yöntemi ile emprenye işlemi uygulamış ve deney örneklerinin teknolojik özelliklerini yüksek lisans tez çalışmasında araştırmıştır. Deney örneklerinin yoğunlukları, ısı iletkenlik katsayıları, basınç, eğilme ve yapışma dirençleri, elastikiyet modülleri ve yanma testi sonucunda oluşan ağırlık kayıpları, ilgili standartlara göre test edilmiştir. Deneylerde, farklı emprenye maddelerinin teknolojik özelliklere etkisinin ağaç türlerine göre değiştiği görülmüştür. Genel olarak, emprenye maddelerinin yoğunluk ve ısı iletkenliğini arttırdığı, eğilme direnci

ve elastikiyet modülünü azalttığı, basınç direncinde ise ağaç türlerine göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, yapışma direnci ve ağırlık kaybında da azalma olduğu belirlenmiştir.

Baysal vd. (2004), ağaç malzeme, 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 ve Yalınkılıç (2005), ağaç malzemenin yanmasını geciktirici olarak kullanılan çeşitli borlu bileşiklerin, biyolojik performans özelliklerini belirlemek amacı ile yaptıkları ve borlu bileşiklerle emprenye ettikleri Sugi (*Cryptomeria japonica* Don.) odunu deney örneklerini, *Tyromycetes palustris* ve *Coriolus versicolor* mantarlarına maruz bırakmışlar, 12 haftalık çürüklük testleri sonucunda, yanmayı önleyici etkileri bilinen borlu bileşiklerin, aynı zamanda çürüklük mantarlarına karşı, muamelesiz kontrol örneklerine oranla, deney örneklerinde ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir.

Cullis (1981), ağaç malzemenin yanmaya karşı direncinin arttırılması amacıyla yapılan çalışmalar tarih öncesine rastlamaktadır. Mısırlılar şap çözeltisinin ağaç malzemenin tutuşmasını belirli oranda geciktirdiğini keşfetmişlerdir. Daha sonra bu çözelti M.Ö.83 yılında Piracus'un kuşatılmasında kulelerin yangına karşı korunması amacıyla kullanılmıştır. Benzer şekilde M.Ö. 4. yüzyılda Aeneas'ın yangına karşı dayanıklılığın arttırılması amacıyla ağaç malzemenin sirke ile emprenyesini tavsiye ettiği ve aynı işlemin daha sonra Romalılar tarafından kullanıldığı bildirilmektedir.

Ertekin (2013), farklı üst yüzey malzemeleri ile kaplanan ağaç malzemelerin yanma özelliklerinin belirlenmesini yüksek lisans tezi çalışmasında incelemiştir. Deneylerde; Sarıçam, Doğu Kayını ve Ladin örneklerine, yangın geciktiricili

özelliikli yangın geciktiricili boya, sayerlak boya ve nano partiküllü polyüretan vernikli üst yüzey işlemleri uygulanmış ve ASTM-E 69 esaslarına göre yanma özellikleri araştırılmıştır. Deney sonuçlarında; en düşük ağırlık kaybı yangın geciktiricili boyalı Doğu Kayınında, en yüksek üst sıcaklık ve baca sıcaklığı değeri kontrol Doğu Kayınında, en düşük O<sub>2</sub> miktarı kontrol Doğu Kayınında, en yüksek CO miktarı kontrol Doğu Kayınında, en yüksek NO değeri yangın geciktiricili boyalı Sarıçamda görüldüğü belirtilmiştir.

Esen (2009), sarıçam, kayın ve sapelli ağaçlarından elde edilen deney örneklerini Boraks(Bx), Borik Asit(Ba), Tanalith-E (Tn) ve İmersol AQUA (İm) ile empenye ettikten sonra, üstyüzey işlemlerinde sentetik, su bazlı, poliüretan ve asit sertleştiricili vernik uygulaması yaparak ASTM-E 69 esaslarına göre yanma özelliklerini araştırmıştır. Deneylerde; tam kuru yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>), hava kuru yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>), vernik katı madde miktarları (%), vernik katman kalınlıkları (µm), ağırlık kaybı (%), açığa çıkan O<sub>2</sub> (%), CO (ppm) ve No (ppm), sıcaklık değeri(oC) belirlenmiştir. En yüksek değerlerin; tam kuru yoğunluk (0,66g/cm<sup>3</sup>) ve hava kuru yoğunluk (0,72g/cm<sup>3</sup>) ile kayın ağacında, empenye retensiyon oranı (6,83) borik asit ile empenye yapılan sapelli ağacında, vernik katı madde miktarı (%61) ve katman kalınlığı (113 µm) ile poliüretan vernikte ölçülmüştür. Yanma deneyinde ise en yüksek değerlerin; ağırlık kaybı (%93,17) ile borik asit ve sentetik vernik kullanılan kayın ağacında, O<sub>2</sub> miktarı (%18,64) Borik asit ve poliüretan vernik kullanılan sapelli ağacında, CO miktarı (5125,32 ppm) İmersol AQUA ve su bazlı vernik kullanılan kayın ağacında, NO değeri (152,41 ppm) Tanalith-E ve su bazlı vernik kullanılan sapelli ağacında ve sıcaklık değeri (371,08 °C) İmersol AQUA ve su bazlı vernik kullanılan kayın ağacında belirlenmiştir.

Göker ve Ayrılmış (2003), ağacın tutuşma sıcaklığının; anatomik özelliklerine, yoğunluğuna, fiziksel özelliklerine, ısı iletkenliğine, ısı kaynağının niteliğine ve oksijen miktarına göre değiştiğini belirtmişlerdir.

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

Köse (2008), emprenyeli ağaç malzemedan üretilen lamine ağaç malzemenin yanma özelliklerini araştırmıştır. Lamine örneklerinin dış katmanlarında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Sapsız Meşe (*Quercus petraea* subsp. *Iberica*) orta katmanda ise Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) odunlarından üretilen papel kaplamalar, yanma geciktirici kimyasal madde olarak da boraks, borik asit, boraks+borik asit ve diamonyum fosfat kimyasallarını kullanmıştır. Lamine deney örnekleri; çift vakum yöntemiyle emprenye edilerek, üre formaldehit (ÜF), fenol formaldehit (FF) ve melamin üre formaldehit (MUF) tutkalları kullanılarak elde edilmiştir. Örneklerin yanma direnci değerleri ASTM - E 69 esaslarına göre belirlenmiş olup, ağırlık kaybı (%), açığa çıkan O<sub>2</sub> (%), CO (ppm) ve sıcaklık değerleri (°C) ölçülmüştür. Deney sonuçlarında; en az ağırlık kaybı (% 64,40) diamonyum fosfat ve MUF tutkalı kullanılan örneklerde elde edildiği, en fazla oksijen miktarı (% 21,71) ve en az sıcaklık değeri (143,30 °C) diamonyum fosfat ve FF tutkalı kullanılan örneklerde elde edildiği, CO miktarı en az (252,92 ppm ) boraks ve ÜF tutkalı kullanılan örneklerde elde edildiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre lamine örneklerin yanma deneyinde diamonyum fosfat ve boraks en etkili yanmayı azaltıcı emprenye maddesi olduğu tespit edilmiştir.

Kurt (2006), doktora çalışmasında; emprenyeli lamine ağaç malzemelerin (LVL) deniz suyundaki bazı teknolojik özelliklerini araştırmıştır. Araştırmada; sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve kestane (*Castanea sativa* Mill) odunu örnekleri, protim-parafin karışımı, tanalith-c (CCA) ve kreozot emprenye maddeleri ile PVAc-D4, fenol formaldehit ve D-VTKA tutkalları kullanılmıştır. Lamine ağaç malzemeler 3, 6, 9 ve 12 ay süreyle deniz suyunda bekletildikten sonra eğilme, dinamik eğilme, liflere paralel basınç direnci, yapışma ve makaslama dirençleri, eğilmede elastikiyet modülleri ve IR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy) spektrum özellikleri belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre; kontrol grubu sarıçamın mukavemet değerlerinin kestaneden yüksek olduğu, denizde bekletildikten sonra ise kestanenin mukavemet değerlerinin daha yüksek ve kestanenin deniz zararlılarına karşı daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir. Lamine ahşap malzeme üretiminde özellikle fenol formaldehit tutkalı ve daha sonra D-VTKA tutkalının tercih edilmesi, ahşap deniz

taşıtlarının üretiminde tanalith-c ile emprenye edilmiş kestane ağacının lamine işleminde D-VTKA veya Fenol formaldehit tutkalının tercih edilmesi önerilmiştir.

Kurt ve Uysal (2008), ASTM E-69 standartlarına göre yapılan çalışmada, meşe ağaç malzemenin fenol formaldehit ve PVAc tutkallı kullanılarak elde edilen ve diamonyum fosfat, alüminyum sülfat, potasyom karbonat, kalsiyum klorür ve çinko klorür ile emprenye edilen 3 katmanlı lamine ağaç malzemenin yanma özellikleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre fenol formal dehit ile yapıştırılmış ve çinko klorür ile emprenye edilmiş lamine ağaç malzemelerin yangın geciktirici olarak başarılı bulunduğu belirtilmiştir.

Kurt ve Uysal (2009), fenol formaldehit ve PVAc tutkalını kullanarak meşe ağacından elde ettikleri 3 katmanlı lamine örnekleri, diamonyum fosfat, alüminyum sülfat, potasyom karbonat, kalsiyum klorür ve çinko klorür ile emprenye ederek, ASTM E-69 standartlarına göre yanma özellikleri araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlarda; fenol formaldehit ile yapıştırılmış ve çinko klorür ile emprenyeli lamine örneklerin yangın geciktirici özelliklerinin iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Leao (1993), yanmayı geciktirici kimyasalların kullanım amacı; yanma esnasında yanıcı olmayan gazların yayılmasını sağlayarak yanmanın şiddetini düşürmek, ısı absorpsiyonu ile ahşabın tutuşma süresini uzatmaktır. Monoamonyum fosfat, diamonyum fosfat, amonyum bileşikler, boron bileşikler ve çinko klorit bu gruptaki kimyasallar olduğu belirtilmiştir.

Okçu (2006), boraks ve çinko klorürle emprenyeli ağaç malzemenin üretilen 2, 3 ve 4 katmanlı lamine (LVL) malzeme emprenye maddelerinin retensiyon miktarı ve yanma özelliklerini araştırmıştır. Deney örnekleri, ASTM – D 1413 – 76 esaslarına göre 60 dakika 760 mm Hg-1 ya eşdeğer ön vakum, 60 dakika 2 atmosfer basıncında, vakum-emprenye-vakum yöntemiyle muameleden sonra, polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan esaslı D-VTKA tutkalları kullanılarak TS 386 esaslarına göre hazırlanmıştır. Deney sonuçlarında; en yüksek retensiyon miktarı ( $\text{kg/m}^3$ ), tam kuru ve hava kurusu yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ ), hacim yoğunluk değeri ( $\text{g/cm}^3$ ); çinko klorürle emprenyeli 4 katmanlı örneklerde, yanma deneyinde en yüksek; ağırlık kaybı 43,1 g,

O<sub>2</sub> miktarı % 20,4, CO miktarı 2834,7 ppm, sıcaklık değeri 398,5 °C ve kül oranı da % 82,4 olduğu, ayrıca emprenye metodunun ve lamine katman sayısı arttığında, yanma direncinin de arttığı görülmüştür.

Ozaki (1999), furfiril alkol ve çeşitli borlu bileşiklerle muamele ettiği Sugi odunundan hazırlanmış olduğu deney örneklerinin LOI değerlerinin incelemiştir. Test sonuçlarına göre, borlu bileşiklerle emprenye edilen deney örneklerinin, muamelesiz kontrol örneklerine oranla tutuşabilmesi için daha fazla oranda oksijene gereksinim duyduklarını bildirmiştir.

Örs vd. (1999), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunları; potasyum nitrat (KNO<sub>3</sub>), çinko sülfat (ZnSO<sub>4</sub>), sodyum tetra borat (Na<sub>2</sub> B<sub>4</sub> O<sub>7</sub>), sodyum sülfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ve bakır sülfat (Cu<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub> ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Sarıçam ve Kayında yanmaya dayanıklılık kazandırdığı bildirilmiştir.

Özcan (2007), yüksek lisans tezinde emprenye edilen ve farklı tutkallar kullanılarak elde edilen lamine ağaç malzemelerin ısı iletkenlik katsayılarını araştırmıştır. Deneylerde; Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve Doğu Kayını (*Fagus orientalis*) odunları ile Tanalith-C (CCA), Kreozot ve Sodyum Silikat emprenye maddelerini ve PVAc, D-VTKA ve Üre formaldehit tutkalları kullanılmıştır. Deney örnekleri, 3, 4, 5 katmanlı hazırlanıp yoğunlukları ve ısı iletkenlik katsayıları belirlenmiştir. Deney sonuçlarında, Doğu Kayını odununun ısı iletkenlik katsayısı Sarıçam odunundan yüksek olduğu, radyal yöndeki ısı iletkenlik katsayısının, teğet yönünden %5-10 daha yüksek olduğu, Üre Formaldehit tutkalının ısı iletkenlik katsayısının PVAc tutkalından daha düşük olduğu belirtilmiştir. Kreozot ile emprenyeli ve D-VTKA veya Üre Formaldehit tutkalı kullanılarak, 3 katmanlı Sarıçamdan üretilen lamine malzemelerin, Tanalith-C ile emprenyeli ve PVAc tutkalı kullanılarak 5 katmanlı

Doğu Kayınında üretilen lamine malzemelere göre daha yalıtkan olduğu belirtilmiştir.

Özen vd. (2000), sarıçam odunu örneklerini sodyum perborat, sodyum tetra borat, imersol ve Tanalith-CBC kimyasallarını daldırma yöntemiyle emprenyeden sonra, D-VTKA tutkalını kullanılarak 3 katmanlı lamine malzeme üretilip, ASTM E 69 esaslarına göre yanma özelliklerini araştırmışlardır. Deneyleerin sonucunda; sodyum tetraborat ve sodyum perborat maddelerinin yanmayı azaltıcı etkisinin iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Özen ve ark, (2000), Sarıçam odunu örneklerini sodyum perborat, sodyum tetra borat, imersol ve Tanalith-CBC maddeleri ile daldırma metoduna göre emprenye ettikten sonra D- VTKA tutkalını kullanılarak ürettikleri üç katmanlı lamine ağaç malzemenin ASTM E69 standardında belirlenen esaslara uyarak yanma özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda, örneklerin yanma deneyinde sodyum tetra borat ve sodyum perborat yanmayı azaltıcı emprenye maddesi olarak tespit edildiğini bildirilmiştir.

Özen vd. (2000), farklı ağaçlardan elde edilen 7 katmanlı lamine malzemenin yanma özelliklerini araştırmıştır. Deney örneklerini; dış katmanlarda sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), orta katmanlarda; sarıçam, küçük yapraklı ıhlamur (*Morus alba* l.), akdut (*Tillia perfifolia* ehrh.), sapsız meşe (*Quercus petraea* spp.) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* mattf.), PVAc tutkalını kullanarak hazırlamıştır. Örneklerle uygulanan ASTM – E 69 esaslarına göre alev kaynaklı ve kendi kendine yanma deneyleri sonucunda; en yüksek ağırlık kaybı, O<sub>2</sub> miktarı, yanmamış parça ve kül miktarı orta tabakası meşe olan örneklerde, en fazla CO miktarı orta tabakası küçük yapraklı ıhlamur ve sarıçam olan örneklerde, en fazla sıcaklık artışı kontrol örneklerinde, en fazla CO<sub>2</sub> miktarı orta tabakası akdut olan örneklerde elde edildiği belirtilmiştir.

Özçifçi ve Okçu (2008), meşe ve kestane ağacı kaplamalarıyla ürettikleri 2,3 ve 4 katmanlı malzemelerin tutuşma özelliklerini incelemişlerdir. Emprenye işleminde çinko klorit ve BX, yapıştırıcı olarak da PVAc ve poliüretan esaslı D-VTKA tutkalı



kullanılmış olup, yanma deneyinde en fazla ağırlık kaybının kontrol örneklerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Özçifçi (2001), emprenyeli lamine ağaç malzemenin bazı teknolojik özelliklerini doktora tezinde incelemiştir. Deneylerde; Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kavak (*Populus nigra*.) odunundan üretilen papel kaplama örnekleri, vakum – basınç yöntemiyle yanmayı geciktirici tanalith-C 3310, boraks, borik asit, boraks+borik asit ve di-amonyumfosfat kimyasallarıyla emprenye edilmiştir. Lamine elemanların dış katmanlarında Doğu kayını ve sarıçam orta katmanlarında kavak kullanılmıştır. Fenol formaldehid ve melamin formaldehid tutkallarını kullanarak 5 ve 8 katmanlı lamine malzemeler elde edilmiştir. Deney örneklerinin eğilme direnci, elastiklik modülü, yoğunlukları, hacimsel genişleme, yapışma direnci, basınç direnci ve yanma değerleri belirlenmiştir. Deney sonuçlarında; borik asit ve tanalith-C 3310 teknolojik özellikleri olumsuz etkilediği, diğer emprenye maddelerinin ise olumlu etkilediği belirtilmiştir.

Özçifçi (2004), kızılçam (*Pinus Brutia* Ten) kaplamalarını, polivinil asetat (PAVc) tutkalıyla yapıştırarak ürettiği 3 katmanlı lamine malzemelerin yanma özelliklerini incelemiştir. Emprenye işleminde; sodyum perborat, sodyum tetra borat, imersol (IWR 2000) ve tanalith-CBC (T-CBC) maddelerini daldırma metoduyla uygulamış ve ASTM-E 69 göre BB'nin, T-CBC'ye göre yanma direncinin daha yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Seferoğlu (2008), ASTM-D 69 esaslarına göre hazırlanan doğu kayını, sarıçam ve titrek kavak odunu örneklerine sentetik, selülozik, poliüretan, asit sertleştiricili ve polyester verniklerle üstyüzey işlemlerini uygulayarak yanma özelliklerini araştırmıştır. Deneylerde sonuçlarında; en yüksek tam kuru yoğunluk ( $0,66\text{g/cm}^3$ ), hava kurusu yoğunluk ( $0,74\text{g/cm}^3$ ) ile kayında, en yüksek katı madde miktarı (%91) ve vernik katman kalınlığı (145  $\mu\text{m}$ ) ile polyester vernikte, en yüksek ağırlık kaybı (%93,90) sentetik vernikli kayında, O<sub>2</sub> miktarı (%17,92) kavakta, CO miktarı (4413,51ppm), NO değeri (114,71ppm) ve sıcaklık değeri (276,49 °C) sentetik vernikli sarıçamda elde edilmiştir. Verniklerin; yanmayı kolaylaştırıcı, sıcaklığı ve

gazları arttırıcı özellik göstermesiyle yanmayı tetikleyici ve arttırıcı bir etkisinin olduğu belirtilmiştir.

Temiz vd. (2008), ASTM D 1413-88 esaslarına göre sarıçam ve kızılâğaç (*Alnus glutinosa* L.) ağaç malzemelerden hazırlanarak borlu bileşiklerden borik asit, boraks ve ikisinin karışımı ile emprenye edilen deney örneklerinin tutuşma ve yangına karşı direnç özelliklerinin araştırılması için yaptıkları çalışmalarında en az kütle kaybının her iki ağaç türünde de % 5 borik asit ve boraks çözeltisiyle emprenye edilen deney örneklerinde gözlendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, % 5'lik boraks çözeltisinin alev hali yanma süresi bakımından en etkili işlem olduğunu bildirmişlerdir.

Uysal (1997), farklı kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanma dayanıklılığına etkisini doktora tezi olarak araştırmıştır. Araştırmada iki farklı ağaç (sarıçam ve doğu kayını) iki farklı yöntem (uzun süreli batırma ve dolu hücre yöntemi) ve beş farklı kimyasal madde (potasyum nitrat ( $KNO_3$ ), çinko sülfat ( $ZnSO_4 \cdot H_2O$ ), 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 bildirilmiştir. 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 ve Özçifçi, (2000), üç katmanlı lamine ağaç malzemenin alev kaynaklı ve kendi kendine yanma özelliklerini araştırmışlardır. Lamine örnekler; dış katmanlarda küçük yapraklı İhlamur (*Tilia argentea*), orta katmanlarda; Uludağ Göknarı (Ağabeyes bornmülleriana Mattf.), Akdut (*Morus alba* L.), Sapsız Meşe (*Quercus petraea* spp.) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) dizini şeklinde PVAc tutkalı kullanılarak üretilmiş ve ASTM E-69 esaslarına göre yanma özellikleri araştırılmıştır. Deney sonuçlarında; en fazla kütle kaybı (32,17 g), CO (3754,12 ppm) ve CO<sub>2</sub> (% 6,76) miktarı orta katmanı meşe örneğinde, O<sub>2</sub> (19,53) orta katmanı akdüt örneğinde, sıcaklık değeri orta katmanı sarıçam ve göknar örneklerinde, yanmamış parça ve kül miktarı ise üç katmanlı ihlamur (%20) örneğinde görüldüğü belirtilmiştir.

Uysal vd. (2002), alevlenebilen maddeler, tutuşma sıcaklığına ulaşınca 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 bozunarak 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 ve Kurt (2005)'un yaptığı çalışmaya göre, ağaç malzeme olarak kayın(*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ıhlamur (*Tilia perfifolia* Ehrh.) ve kestane (*Castanea sativa* Mill.) ağaçları, emprenye maddesi olarak da bor bileşenlerinden Borax, Borik Asit ve Borax-Borik Asit karışımı ile basınç vakum yöntemi kullanılarak emprenye edilmiş örneklerin, Desmodur- VTKA, Üre formaldehit, Fenol formaldehit ve PVAc tutkalı ile yapıştırılmasında en iyi sonuç ıhlamur kontrol örneklerinin üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılmasında, emprenye edilmiş ahsap elamanlarda ise en iyi yapışma direncini borik asit ile emprenye edilmiş ve üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılan sarıçam örnekleri vermiştir.

Uysal ve Kurt (2006), polivinil asetat ve fenol formaldehit tutkallarını kullanarak Uludağ göknarından üç katmanlı olarak ürettikleri ve  $(\text{NH}_3)_2\text{P}$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ , kimyasallarıyla emprenye ettikleri lamine örneklerin yanma dayanımlarını araştırmışlardır. Deney sonuçlarında, en yüksek yanma dayanımı çinko klorürle emprenyeli ve fenol formaldehit tutkalıyla yapıştırılan örnek olduğunu belirtmişlerdir.

Uysal vd. (2008), Yapılan çalışmada sarıçam ağaç malzemenin elde edilen deney örnekleri ASTM -E-69 standartlarında verilen esaslara göre hazırlanmış. Üst yüzey işlemleri uygulanan ağaç malzemelerin yanma özellikleri araştırılmıştır. Örneklere, sentetik, selülozik, poliüretan, asit sertleştiricili ve polyester vernik üst yüzey maddesi olarak kullanılmıştır. Her örnek için yanma başladığı andan itibaren ağırlık kaybı, sıcaklık ve açığa çıkan gazlar ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ) her 30 saniyede bir ölçülmektedir. Çalışma neticesinde yanma sırasında verniklerin yanmayı etikleyici

ve arttırıcı etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, vernik işlemlerinde kullanılan verniklerin yanmayı kolaylaştırıcı, yangın durumunda sıcaklığı arttırıcı özelliği ve yanma ürünü olan gazları arttırma özelliği göz önünde bulundurulmalıdır. Yangın riski bulunan ortamlarda vernik işlemleri uygulanmamış malzemelerin kullanılmasında fayda olduğu düşünülmektedir. Vernik uygulanacak ağaç malzemelere vernikleme öncesinde çeşitli emprenye maddeleri tatbik edilmeli ve verniklerin yanma durumundaki olumsuzlukları önlenmelidir.

Yuca (2010), fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc tutkallarına borik asit karıştırarak; ASTM-E-69 ve TS 3891 standartlarına göre kayın, çam, meşe ve göknar odunundan elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma ve yapışma direnci özelliklerini araştırmıştır. Borik asit %5'lik çözelti halinde hazırlanarak fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc tutkallarına %5 oranında ilave edilerek kullanılmıştır. Deney sonuçlarında; en yüksek hava kurusu yoğunluk ( $0,69 \text{ g/cm}^3$ ) meşede, en yüksek  $\text{O}_2$  miktarı (%17,26) PVAc tutkalı meşede, CO miktarı (3944,38 ppm) kontrol çamda, en yüksek NO değeri (2154,15 ppm) kontrol göknarda, borik asitin yanmayı geciktirici etkisinin olduğu, en yüksek yapışma değeri ( $19,77 \text{ N/mm}^2$ ) üre formaldehit tutkalı kontrol meşede elde edilmiştir.

## **2.6. ÇALIŞMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİNE AİT GENEL BİLGİLER**

Deney numuneleri, mobilya ve dekorasyon sektöründe yaygın olarak kullanılan sarıçam (*Pinus Sylvestris L.*), doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*) ve sapelli (*Entandrophragma Cylindricum*) ağaç malzemeleri kullanarak hazırlanmıştır.

### **2.6.1. 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 yayılım gösteren Sarıçam Türkiye toplam orman alanının % 5,5'ini oluşturmaktadır (Yalıtık, 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 paranzim hücrelerine göre daha bol miktarda olup, çeperleri belirgin testere dişi gibi kalınlaşma içerir. Enine traheitler bol miktarda küçük kenarlı geçitler içermektedir. Boyuna traheitlerle özışını paranzim 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 azdır. İyi işlenebilme ve yapışma özelliğine sahiptir. Yüzey işlemlerinde, reçine 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/cm<sup>3</sup>, hava kurusu yoğunluğu ( $D_{12}$ ) 0,52 g/cm<sup>3</sup> tür. E-modülü 11700 N/mm<sup>2</sup>, eğilme direnci ( $\sigma_E$ ) 98 N/mm<sup>2</sup>, liflere paralel çekme direnci ( $\sigma_g$ ) 102 N/mm<sup>2</sup>, liflere paralel basınç direnci ( $\sigma_B$ ) 54 N/mm<sup>2</sup> dir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Liflere paralel basınç direnci, 550 kg/cm<sup>2</sup>, eğilme direnci, 1000 kg/cm<sup>2</sup>, makaslama direnci, 100 kg/cm<sup>2</sup>, dinamik eğilme direnci 0,4 kg/ cm<sup>2</sup>, yarıma direnci 4,6 kg/ cm<sup>2</sup> 'dir (Örs ve Keskin, 2001).

### **2.6.2. 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 (Anşın ve Özkan, 1993; Hafızoğlu, 1994).

Dağınık küçük traheli yapraklı ağaç grubundandır. Trahe çevresindeki paranşim 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; Hafızoğlu, 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 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  $15700 \text{ N/mm}^2$ , eğilme direnci ( $\sigma_E$ )  $120 \text{ N/mm}^2$ , liflere paralel çekme direnci ( $\sigma_g$ )  $132 \text{ N/mm}^2$ , liflere paralel basınç direnci ( $\sigma_B$ )  $60 \text{ N/mm}^2$  dir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Liflere paralel basınç direnci,  $644 \text{ kg/cm}^2$ , eğilme direnci,  $870 \text{ kg/cm}^2$ , makaslama direnci,  $150 \text{ kg/cm}^2$ , dinamik eğilme direnci  $1,0 \text{ kg/cm}^2$ , yarıma direnci  $8,6 \text{ kg/cm}^2$  dir (Örs ve Keskin, 2001).

İşlenmesi kolaydır. Körleştirme etkisi orta derecededir. Soyulabilir, kesilebilir, çok iyi tormalanabilir. 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 kâğıt odunu olarak, emprenye edildiği takdirde travers yapımında kullanılır. Ayrıca odun kömürü yapımında da değerlendirilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

### **2.6.3. Sapelli (*Entandrophragma Cylindricum*)**

Diri odun 3-8 cm genişlikte, beyazsımsı ile sarımsı renkte, öz odun oldukça koyu kırmızımsı kahverengi ile morumsu kahverengi bir renge sahiptir. Tekstür oldukça ince, lif yapısı grift bazen dalgalı, iğne çizikli, radyal yüzeylerde yeknesak dar şeritli küçük öz ışını aynacıkları belirgin, parlak ve dekoratiftir. Ağaç boyu ortalama 45 m, kullanılabilir gövde uzunluğu 15-25 m, gövde orta çapı 0,7-1,17 m arasında değişebilmektedir.



Tam kuru yoğunluğu (D0) 0,62 g/cm<sup>3</sup>, hava kurusu yoğunluğu (D12) 0,65 g/cm<sup>3</sup> tür. E-modülü 10000 N/mm<sup>2</sup>, eğilme direnci ( $\sigma_E$ ) 114 N/mm<sup>2</sup>, liflere paralel çekme direnci ( $\sigma_g$ ) 88 N/mm<sup>2</sup>, liflere paralel basınç direnci ( $\sigma_B$ ) 56 N/mm<sup>2</sup> dir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

## **2.7. ÇALIŞMADA KULLANILAN YAPIŞTIRICILARA AİT GENEL BİLGİLER**

Bu çalışmada PVAc, Desmodur-VTKA ve Fenol formaldehit tutkalı kullanılmıştır.

### **2.7.1. PVAc**

PVAc, kokusuz, yanıcı olmayan tutkaldır. Oda sıcaklığında ve hızlı bir şekilde katılaşır. Bu tutkalın uygulanması çok kolaydır, makinelerde kesilmesi durumunda makinelere zarar vermez. Ancak, ısı arttıkça PVAc tutkalının mekanik özellikleri azalır. 70°C'nin üstünde yapışma direncini kaybeder. Uygun şartlarda malzemenin sadece bir yüzeyine 150– 200 g/m<sup>2</sup> tutkal sürülür. TS 3891 standardına göre PVAc tutkalı uygulanmıştır. (Örs, 2001).

### **2.7.2. Desmodur-VTKA**

Tek komponentli, serbest çözücülü tutkaldır. Odun, metal, polyester, taş, çam, seramik, PVC ve diğer plastik malzemeleri yapıştırmada kullanılır. Uygulamada yüksek rutubetli yerlerde tavsiye edilir. 20 °C ve % 65 rutubette yapıştırma işlemi gerçekleştirilir. Üretici firmanın önerisine göre, tutkal yüzeye 180-190 g/m<sup>2</sup> olarak uygulanır. Tutkalın viskozitesi 25 °C'de 14 000 ± 3000 mPa.s. yoğunluğu ise 20 °C'de 1.11 ± 0,02 g/cc ve soğuk hava şartlarına karşı dayanıklıdır (Polisan, 2014).

### **2.7.3. Fenol Formaldehit**

Fenol formaldehitin temel bileşenleri, fenol ve formaldehittir. Fenol ham petrolden elde edilir. Fenol'un temel bileşenleri toluen ve benzendir. Toluen benzoik asitten dönüştürülür, benzen ise propilen ve cumen'in karışımıdır. Benzoik asit ile birlikte

fenölü oluşturur. Fenol ve formaldehit, FF reçinesi içinde bir karıştırıcı yardımıyla birleştirilir. Lamine ağaç malzeme için % 30'luk, OSB ve HB için % 50'lik katı içerik ve kolloidal çözelti olarak ahşap ürünleri fabrikalarında yaygın olarak işleme alınmaktadır. Bu sıvı, kokusuz, koyu kahverengi ve kesinlikle yanmazdır. İşlem esnasında, fenol formaldehit reçinesini, üre formaldehit reçinesini gibi bağlarını güçlendirmiş ve polimerize edilmiştir. Fenol formaldehit çözeltisi, fenol ve formaldehitin 2.2 mol oranlarında formaldehitin çoğu FF yapısı içinde üç boyutlu kuvvetli bağlar ile sürekli bir şekilde yapıştırılacaktır. Serbest formaldehit, üre formaldehitin pres esnasında bırakıldığı gibi, aynı şekilde pres esnasında bırakılır (olakoğlu, 1998).

Reaksiyona giren fenol ile formaldehit oranlarına ve katalizör ortamının alkali ya da asidik olmasına göre, FF tutkalları iki eşitir. Formaldehit/Fenol < 1 olmak üzere fenol ile formaldehidin asidik katalizörler yardımıyla kondense edilmesinden elde edilen fenol reçinesine novalak adı verilmekte olup, organik alkali çözücülerde çözünmektedir. Kullanılacağı zaman novalak'a para formaldehit katılmaktadır. Formaldehit/Fenol > 1 (1,5-2) olmak üzere fenol ile formaldehit'in alkali katalizörler yardımı ile kondense edilmesinden elde edilen fenol reçinesine ise resol denilmektedir. Fenol ve formaldehit çözeltilerinin yukarıdaki oranlarda karıştırıldıktan sonra reaksiyona başlayabilmeleri için çözeltinin pH değerinin çok yüksek olması gerekir, bu genellikle çözeltiye NaOH ilavesi ile sağlanır. Reaksiyon hızı, yükselen pH değeri ile artar ve kondenzasyon üç aşamada tamamlanır. Önce metilol fenoller oluşur. Fenol halkasının reaksiyon eşitliği hidroksil varlığından dolayı bozulduğu, bu gruba komşu (orta) veya bunun karsısındaki (para) karbon atomlarının reaksiyon yeteneği fazlalaştığı için metilol fenol oluşumları önce karbon atomlarından başlar. Bu şekilde oluşan metil fenoller, su ayrılması ile eter, su ve formaldehit ayrışması ile etilen köprüleri oluşturmak suretiyle kondense olurlar (Fidan, 2005).

Kondenzasyon çözeltinin nötrleşmesi ve soğutulması ile, ara ürün henüz suda çözünebilir durumda iken reaksiyon durdurulur. Buna tutkalın A durumu (resol) denilmektedir. Kondenzasyon yavaş yavaş devam ettiği için A durumunda tutkal dayanıklı değildir. Depolama süresi birkaç saatten birkaç aya kadar değişebilir.

Düşük sıcaklıklarda depolanması tavsiye edilmektedir. pH derecesinin değişmemesi gerekmektedir. Yüksek alkali miktarı, kullanılış yerinde daha fazla su absorbe etmesine neden olur (Pizzi, 1994).

## **2.8. ÇALIŞMADA KULLANILAN ÜST YÜZEY MALZEMELERİNE AİT GENEL BİLGİLER**

Üst yüzey işlemlerinde Nano partiküllü polyüretan vernik ve yangın geciktiricili boya olmak üzere iki çeşit yangın geciktirici özellikte üst yüzey işlem maddesi uygulanmıştır. Deney örneklerinin üst yüzey işlem uygulamalarında ASTM-D 3023 esasları dikkate alınmıştır.

Üst yüzey malzemeleri, üretici firmaların önerileri doğrultusunda emprenyeli ağaç deney örneklerine rulo ile sürülerek uygulanmıştır. Yine üretici firma önerilerine uygun olarak 24 saat beklendikten sonra 180 numara kum zımpara ile zımparası yapılan örnekler son kat uygulanmış ve % 12 rutubet için  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında üç hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır. Üst yüzey işlem maddesi uygulaması yapılan örnekler yine üretici firmaların önerilerine uygun olarak % 12 rutubet için  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında üç hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır.

Deneylerde kullanılan boya ve verniğin uygulama şartlarına gelebilmesi ve istenilen katman kalınlığının elde edilebilmesi için; üretici firmaların aynı ürünleri için önerildikleri sertleştirici, tiner ya da inceltici maddeler ve oranları dikkate alınarak hazırlanmıştır.

### **2.8.1. Yangın Geciktiricili 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 (Ecelak, 2014).

INTUMESAN; Plastik ya da öteki materyallerin yüksek yüzey sıcaklığına ya da aleve maruz bırakıldıklarında köpürmesi ya da şişmesidir 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 (Ecelak, 2014).

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, 2014).

### **2.8.2. Nano Partiküllü Polyüretan Vernik**

Nano partiküllü polyüretan 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 (Hemel, 2014).

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 (Hemel, 2014).

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 kabırır, 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, 2014).

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 yararlandığı için de buharlaşma yavaş, tam kuruma süresi 3–4 gün kadardır (Sönmez ve Budakçı, 2004).

## BÖLÜM 3

### MATERYAL METOT

#### 3.1. MATERYAL

##### 3.1.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada; ahşap yapı ve mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılan Sarıçam (*Pinus Sylvestris L.*), Doğu Kayını (*Fagus Orientalis L.*) ve Sapelli (*Entandrophragma Cylindricum*) ağaçları kullanılmıştır. Bu tezde kullanılan tüm ağaç malzemeler Ankara Ercan orman ürünlerinden temin edilmiştir.

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.

##### 3.1.2. Yapıştırıcı

Bu çalışmada PVAc ve D-VTKA tutkalları Karabükten , Fenol formaldehit tutkalı ise İstanbulda üretim yapan Gentaş firmasından temin edilmiştir. Sarıçam, Doğu kayını ve Sapelli ağaç malzemeleri bu tutkallarla laminasyon yapılmıştır.

PVAc tutkalına ait genel özellikler Şekil 3.1’de verilmiştir.

Kimyasal Yapı	Vinyl Acetate Polymer
Görünüş	Beyaz
Katı Madde	58% ± 2
Preslenme Süresi	10 dakika minimum (20°C)
Viskozite	14400±800 cps at 20 °C(Spindle No 6, 20 rmp )
Ahşap Nem İçeriği	8-12 %
pH	5-6
Sert Ahşaplar İçin Tutkal Hattı Basıncı	9-12 kg/cm <sup>2</sup>
Suya dayanım	İyi (D3-DIN EN204)

Şekil 3.1. PVAc tutkalı teknik özellikler tablosu (Akfix, 2014).

D-VTKA tutkalına ait teknik özellikler Şekil 3.2’de verilmiştir.

Şekil	Granül haldedir
Rengi	Natürel
Viskozite	80.00+/- 90.000 mPa sıcaklık(200°C)
Yumuşama noktası	85+/-2 °C
Yoğunluk	1.41+/-0.03 gr/cm <sup>3</sup>
Malzemedeki nem	8-10 %
Havadaki nem	65-75%
Malzeme ve çevre ısısı	15 °C
Uygulanma hızı	12-18 metre/dk.
Uygulama basıncı	3.5kg/cm <sup>2</sup>
Uygulanacak miktar	180-250 gr/m <sup>2</sup>

Şekil 3.2. D-VTKA teknik özellikler tablosu (Alfamob, 2014).

Fenol formaldehit tutkalının molüküler yapısı ve kondenzasyon reaksiyonu teknik görünümü Şekil 3.3’de verilmiştir.

Görünüş	Kırmızı, kahverengi renkte sıvı
Katı madde miktarı (ağırlıkça)	% 48 ± 1
Viskozite	400 – 600 cps (20 °C)
pH	8,4-8,80 (20 °C)
Yoğunluk	1,120-1,150 g/cm <sup>3</sup> (20 °C)
Serbest formaldehit oranı	Max % 3
Serbest fenol	Max % 5
Jel zamanı	14.00 -16.00 dak.(130 °C)
Depolama süresi	45 gün (20 – 25 0C)

Şekil 3.3. Fenol formaldehit tutkalına ait teknik özellikler (Gentaş, 2014).

### 3.1.3. Üst Yüzey Maddeleri

Bu çalışmada PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit tutkalları kullanılarak lamine edilen örneklere İzmir de üretim yapan Ecelak boya firmasından temin edilen yangın geciktiricili boya ve İstanbulda üretim yapan Hemel firmasından temin edilen nano partüküllü polyüretan vernik üst yüzey malzemeleri fırça yardımı ile uygulanmıştır.

## 3.2. METOD

### 3.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örneklerinin hazırlanmasında Sarıçam, Doğu Kayını ve Sapelli 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. Seçilen parçalardan kesme yöntemi ile 6mm kalınlığında papel kaplamalar elde edilmiştir.



Laminasyon işleminden önce tüm örneklerin ağırlıkları 0,01 mm duyarlılıklı analitik terazide tartıldıktan sonra  $103 \pm 2$  °C sıcaklıktaki etüvde değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir.

TS 386 esaslarına göre taslak halinde hazırlanan 6 mm kalınlığındaki sarıçam, doğu kayını ve sapelli papel kaplamaları sıcaklığı  $20 \pm 2$  °C ve bağıl nemi %  $65 \pm 3$  olan iklimlendirme dolabında % 12 rutubete ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Daha sonra 3 katmanlı olacak şekilde, yüzeylerine 200g/m<sup>2</sup> hesabıyla yapışma yüzeylerine 2,5 kg/cm<sup>2</sup>lik basınç altında geniş yüzeyler halinde PVAc ve D-VTKA tutkalları  $20 \pm 2$  °C de preslenirken, Fenol formaldehit tutkalı ise 130 °C preslenmiştir. Yanma ve ısı iletkenliği deneyleri için gereken ölçülerde kesilmiş ve fırça yardımıyla üst yüzey malzemesi uygulanmıştır.

Yanma deneyi için ayrılan örnekler; ASTM-E-69'a göre 9,5x19x1016mm  $\pm$  0,8mm boyutlarında düzgün şekilde kesilmiştir. Sarıçam, Doğu Kayını ve Sapelli ağaçlarına üç farklı tutkalla laminasyon yapılmış ve daha sonra iki farklı yangın geciktiricili üst yüzey malzemesi uygulaması ve kontrol için 6 adet olacak şekilde deney örnekleri hazırlanmıştır. Buna göre; 3x3x6=54 adet Sarıçam, 3x3x6=54 adet Doğu Kayını ve 3x3x6=54 adet Sapelli ağaç malzeme olmak üzere yanma deneyi için toplam 162 adet örnek hazırlanmıştır.

Isı iletkenliği için ayrılan örnekler ise ASTM C177/C518'e göre 20x50x100mm  $\pm$  0,8mm boyutlarında düzgün şekilde kesilmiştir. Sarıçam, Doğu Kayını ve Sapelli ağaçlarına üç değişik tutkalla laminasyon yapılmış ve daha sonra iki değişik yangın geciktiricili üst yüzey malzemesi uygulaması ve kontrol uygulaması için her grupta 10 ar adet örnek olacak şekilde deney örnekleri hazırlanmıştır. Buna göre 3x3x10 adet Sarıçam, 3x3x10 adet Doğu Kayını ve 3x3x10 adet Sapelli ağaç malzeme olmak üzere yanma deneyi için toplam 270 adet örnek hazırlanmıştır.

### 3.2.2. Yoğunluk

#### 3.2.2.1. Hava Kuru Yoğunluk

Örneklerin rutubetleri TS 2471, yoğunlukları TS 2472 esaslarına uyularak belirlenmiştir. Buna göre; deney örnekleri  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 3$  bağıl nem şartlarındaki kabinde değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletildikten sonra 0.001 g duyarlıklı analitik terazide tartılmış, boyutları  $\pm 0.01$  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 yoğunluk ( $\delta_{12}$ );

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

eşitliğinden hesaplanmıştır.

$M_{12}$ = Örnek ağırlığı (g)

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

#### 3.2.2.2. Tam Kuru Yoğunluk

Deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değerlerini belirlemek için hava kuru haldeki örneklerden yararlanılmıştır. Bu maksatla TS 2472 esaslarına uyulmuştur. Buna göre hava kuru haldeki örnekler  $103 \pm 2$  °C sıcaklıktaki havalandırılabilen etüvde değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Tam kuru hale gelen örnekler, kurutma fırınından alınarak içerisinde  $\text{CaCl}_2$  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 yoğunlukları ( $\delta_0$ ), 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.

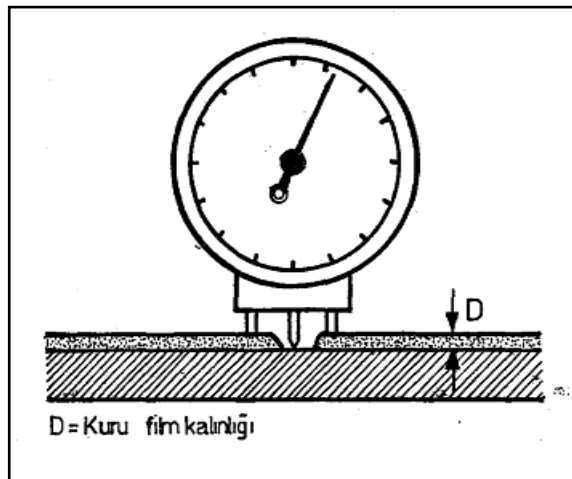
### 3.2.3. Üst Yüzey İşlemi

Üst yüzey işlemlerinde yangın geciktiricili boya, sayerlak boya ve nano partiküllü polyüretan 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  $\% 65 \pm 5$  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.

### 3.2.4. Üst Yüzey Malzemeleri Katman Kalınlığı

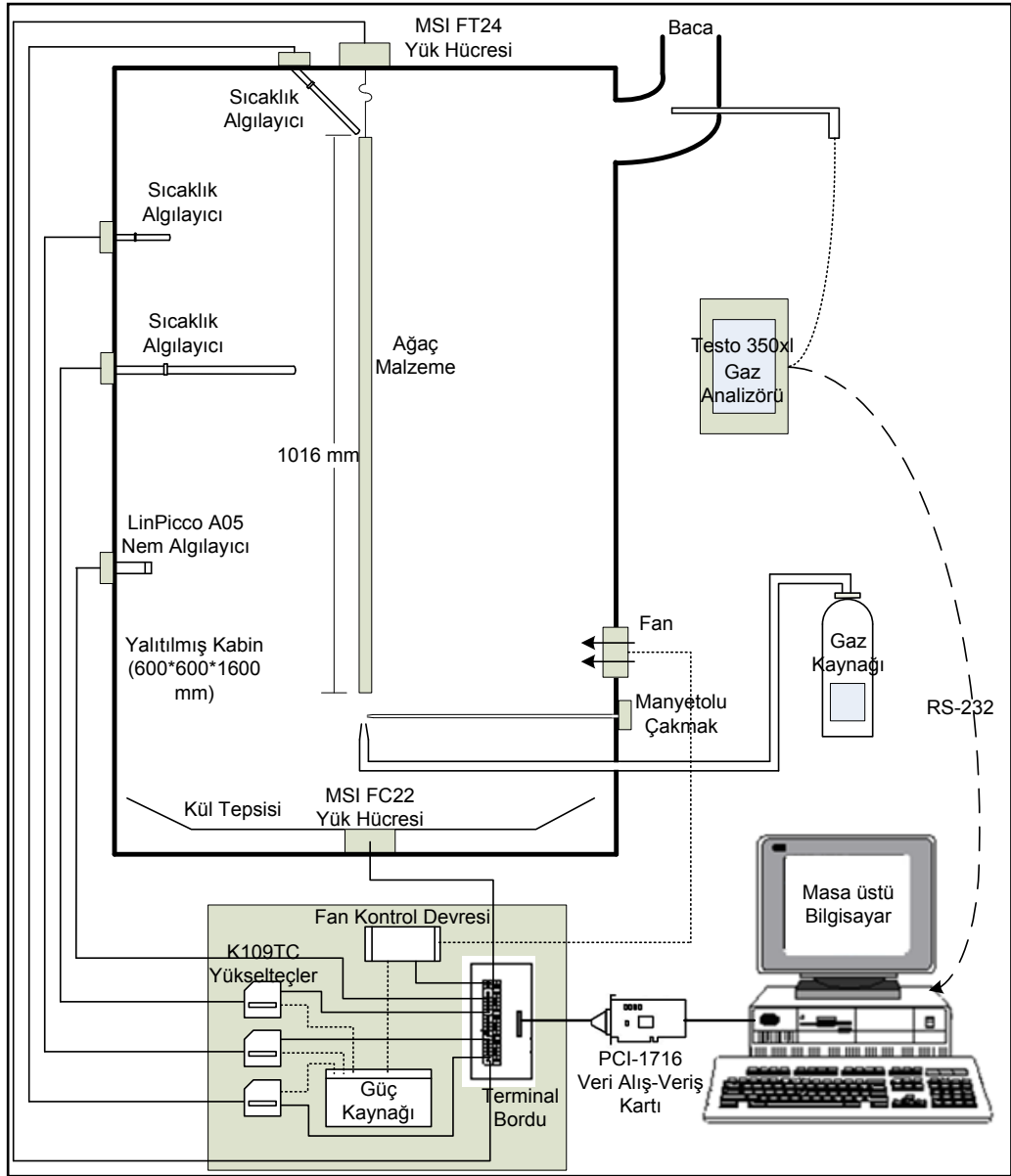
Ağaç malzeme üzerine uygulanan verniklerin katman kalınlıkları karşılaştırmalı testlerde önemli bir etkidir. Deney numunelerine sürülen ve tam kuruması gerçekleşen vernik katman kalınlıkları 5 µm (mikron) hassasiyetle ölçüm yapabilen komperatörle ölçüm yapılmıştır. Komperatör Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4. Komperatör.

### 3.2.5. 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 3.5 Bilgisayar kontrollü yanma düzeneği (Özcan, 2011).

### 3.2.5.1. 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 3.6' de verilmiştir.



Şekil 3.6. analiz cihazı Testo T350 XL ana parçaları (Özcan 2011).

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

#### O<sub>2</sub> ölçümü

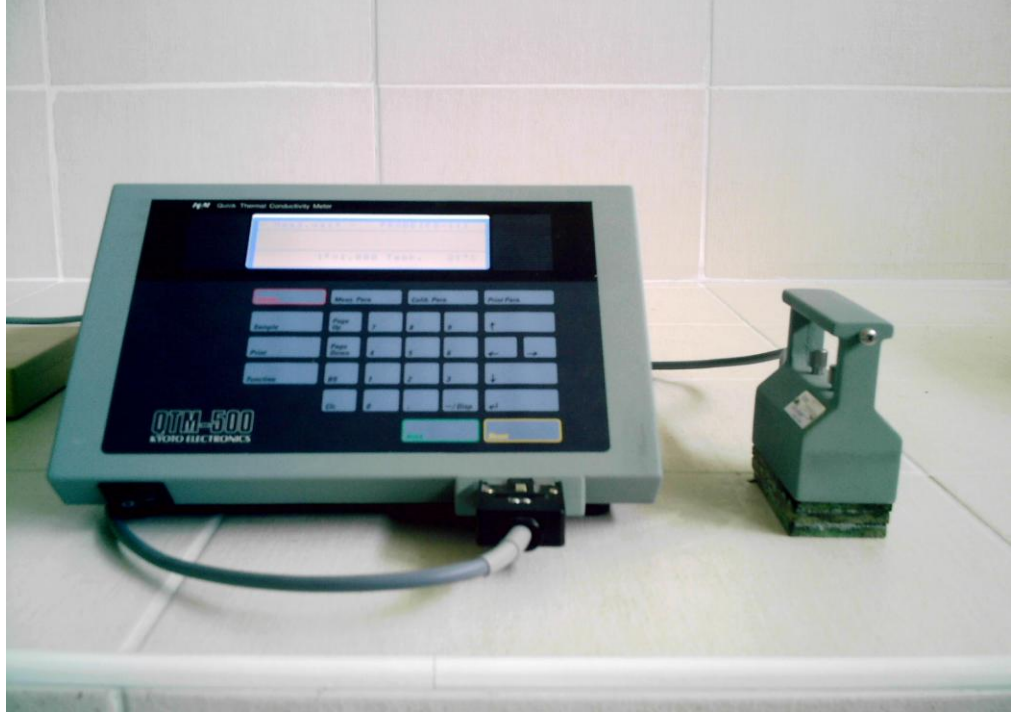
Ölçüm Aralığı : % 0–21  
Doğruluk : ± % 0.2  
Çözünürlük : % 0.1  
Ölçme işlemi : Elektrokimyasal ölçü hücresi.  
Tepki Süresi : t 90 <20s

### **3.2.6. Isı İletkenliği**

#### **3.2.6.1. Isı iletkenlik Katsayısı Birleşmesi Deneyi**

Deney de kullanılan Quick Thermal Conductivity -500 ısı iletkenliği test makinesinde PD- 11 sensör probu kullanılmıştır. Tüm deneylerden önce kalibrasyon ölçümleri yapılmıştır. Her bir örneğin bir dakika süreyle otomatik olarak ölçümleri yapılmıştır (Kyoto,2004).

QTM-500 cihazında yapılan ısı iletkenliği katsayısı belirleme deneyi Sekil 3.7' de görülmektedir.



Şekil 3.7. QTM-500 cihazı ile ısı iletkenlik katsayısı deneyi (Özcan, 2007).

### 3.2.7. Verilerin İstatistiki Olarak Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, ağaç, tutkal ve üst yüzey malzemesi, konbinlerinin alevli - alevsiz yanma direnci, yanma ürünü olarak açığa çıkan zararlı gazlar ve ısı iletkenlikleri 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 YOĞUNLUKLARI

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

Çizelge 4.1. Kullanılan ağaç malzemelerin yoğunluk değerleri (g/cm<sup>3</sup>).

Ağaç Türü	Tam Kuru yoğunluk g/cm <sup>3</sup>	Hava Kurusu yoğunluk g/cm <sup>3</sup>
Sarıçam	0,474	0,512
Doğu Kayını	0,632	0,684
Sapelli	0,634	0,678

Çizelge 4.1.’de görüldüğü gibi, yoğunluk değerleri en yüksek Sapelli ağaç malzeme örneklerinde, daha sonra sırasıyla Doğu Kayını ve sarıçam ağaç malzeme örneklerinde 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	
	Yangın geciktiricili boya	Nano partiküllü polyüretan vernik
Sarıçam	108	101
Doğu Kayını	112	105
Sapelli	114	107

Yapılan ölçüm sonucunda, Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi, en fazla katman kalınlığı yangın geciktiricili boyalı ağaç malzeme örneklerinde görülmektedir.



### 4.3. YANMA DENEYLERİ

#### 4.3.1. Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

##### 4.3.1.1. Sarıçam Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen 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 lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	3,74	3,64	2,55	1,52	3,38	2,75	2,71	2,55	2,11
2*	7,98	6,54	4,32	2,78	5,98	3,58	5,37	5,86	4,12
3*	15,81	8,92	6,27	5,55	7,19	4,53	7,32	7,41	5,59
4*	22,99	10,37	8,93	10,20	9,23	7,12	12,59	9,83	8,01
5*	31,98	11,46	10,2	17,19	10,76	10,47	19,05	10,67	10,3
6*	37,34	14,09	14,55	26,92	12,53	11,16	29,92	11,54	12,17
7*	42,52	18,91	17,91	37,33	14,61	13,44	39,54	12,21	13,91
8*	47,01	19,43	22,26	45,90	15,45	16,24	46,70	13,87	16,33
9	52,11	19,98	23,27	52,94	17,71	17,91	50,96	14,68	17,04
10	61,31	22,36	25,72	61,68	19,72	18,75	58,73	15,71	18,39
11	72,32	22,77	26,27	72,07	20,33	20,86	67,53	16,41	19,16
12	76,13	24,49	28,14	76,56	20,77	21,64	76,44	16,83	19,58
13	79,05	25,55	28,98	86,83	21,71	22,81	85,66	17,85	19,99
14	86,04	26,03	29,17	91,71	21,92	23,52	92,17	18,31	20,67
15	94,07	26,43	29,24	95,03	22,23	24,64	94,31	18,96	21,46
16	97,26	26,97	29,75	95,47	22,36	25,31	95,65	19,27	21,83
17	98,49	27,69	30,42	96,67	22,95	25,98	96,38	19,53	22,12
18	98,66	28,31	30,88	97,21	23,82	26,37	96,80	19,98	22,69
19	98,93	29,31	31,14	97,78	24,61	26,89	97,31	20,37	23,15
20	99,13	29,52	31,35	98,02	25,09	27,27	98,66	20,49	23,49

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla lamine edilmiş sarıçam ağaç malzemesinin, kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı, % 47,01 ile PVAc tutkalı ile lamine edilen kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 13,87 ile Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş yangın

geciktiricili boya örneklerinde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı, % 99,13 ile PVAc tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 20,49 ile Fenol Formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya örneklerinde tespit edilmiştir.

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

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	556847,626	179	3110,881	41,053	0,000
Sabit Terim	5679151,454	1	5679151,454	74946,169	0,000
A:Yapıştırıcı	20904,196	2	10452,098	137,933	0,000
B:Üstyüzey işlemi	294356,205	2	147178,103	1942,268	0,000
C: Ölçüm zamanı	138391,284	19	7283,752	96,122	0,000
Etkileşim A*B	7834,346	4	1958,587	25,847	0,000
Etkileşim A*C	16676,602	38	438,858	5,791	0,000
Etkileşim B*C	67324,797	38	1771,705	23,381	0,000
Etkileşim A*B*C	11360,196	76	149,476	1,973	0,000
Hata	68198,767	900	75,776		
Toplam	6304197,847	1080			
Düzeltilmiş Toplam	625046,393	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri % 95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte bu üç faktörün birbirleri arasındaki ikili etkileşimleri ele alındığında sarıçam ağaç malzemenin yanması sonucunda ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri % 95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak % ağırlık kaybı ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.5’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün sarıçam ağaç malzeme % ağırlık kaybı ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.5. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam ağaç malzemenin % ağırlık kaybı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
PVAc	Kontrol	61,14	f
	Boya	19,88	cd
	Vernik	21,81	d
D-VTKA	Kontrol	58,46	ef
	Boya	16,76	b
	Vernik	17,56	bc
FenolFenol	Kontrol	58,69	ef
	Boya	14,26	a
	Vernik	16,19	ab

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Tüm tutkal türlerinin kontrol örnekleri arasında ve D-VTKA ve Fenol formaldehit tutkalları ile lamine edilen yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri arasında istatistiki olarak bir fark görülmemiştir.

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

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.6'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	4,13	3,61	2,72	3,09	2,11	1,35	2,81	2,96	1,85
2*	8,86	5,44	4,21	7,44	4,47	2,14	5,29	4,36	3,39
3*	13,97	7,16	6,68	14,64	5,19	3,59	8,40	5,46	5,19
4*	20,68	9,72	8,33	23,92	7,19	6,02	14,62	7,35	8,05
5*	27,68	11,39	11,43	29,91	9,33	8,73	22,82	8,18	12,47
6*	35,03	12,74	16,26	37,81	11,8	11,89	31,94	9,08	21,72
7*	42,11	14,64	20,73	44,78	12,47	15,84	37,48	9,97	22,88
8*	47,43	17,4	22,45	50,17	17,72	19,15	43,82	10,74	24,06
9	56,17	18,88	24,91	56,93	19,08	20,86	50,68	11,35	24,75
10	63,81	19,06	26,15	66,10	20,19	21,57	58,22	12,08	26,17
11	73,80	19,59	27,19	76,11	20,89	22,49	67,93	13,03	26,46
12	82,81	20,42	27,78	82,73	22,26	23,01	73,79	13,96	27,15
13	87,74	21,19	28,21	86,80	22,86	24,54	79,35	14,24	27,31
14	89,85	22,02	28,52	90,29	23,63	25,04	82,86	14,63	27,77
15	95,29	22,32	29,04	91,42	23,84	25,91	85,29	15,02	28,16
16	96,53	23,68	29,41	94,06	24,17	26,63	88,79	15,36	28,34
17	97,10	24,17	29,83	96,43	24,58	27,14	90,93	15,69	28,79
18	97,46	25,36	30,45	97,40	24,86	27,95	93,09	15,98	29,27
19	97,67	25,77	31,28	98,50	25,32	28,34	93,73	16,4	29,65
20	98,16	26,61	31,59	98,77	25,71	28,60	95,39	16,83	29,83

\* Alevli yanma

Farklı tutkallarla lamine edilmiş doğu kayını ağaç malzemesinin, kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneylerinde sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı, % 50,17 ile D-VTKA tutkalı ile lamine edilen kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 10,26 ile Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya örneklerinde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı, % 98,77 ile D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 16,83 ile Fenol Formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya örneklerinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Doğu kayını örneklerindeki ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	400530,684 <sup>a</sup>	179	2237,602	17,338	0,000
Sabit Terim	5859576,397	1	5859576,397	45401,517	0,000
A:Yapıştırıcı	14309,373	2	7154,687	55,436	0,000
B:Üstyüzeyişlemi	217326,849	2	108663,425	841,952	0,000
C:Ölçüm zamanı	114208,693 <sup>d</sup>	19	6010,984	46,575	0,000
Etkileşim A*B	13254,969	4	3313,742	25,676	0,000
Etkileşim A*C	3349,381	38	88,142	0,683	0,000
Etkileşim B*C	33687,687 <sup>a</sup>	38	886,518	6,869	0,000
Etkileşim A*B*C	4393,731	76	57,812	0,448	0,000
Hata	116155,121	900	129,061		
Toplam	6376262,202	1080			
Düzeltilmiş Toplam	516685,805 <sup>d</sup>	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları sonuçlarına göre; Yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, doğu kayını ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri % 95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur. Yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı faktörlerinin tek tek ve bir birleri arasındaki ikili ve üçlü etkileşimlerinin tamamı %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak % ağırlık kaybı ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.8'de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Doğu Kayını ağaç malzeme % ağırlık kaybı ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.8. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayını ağaç malzemenin % ağırlık kaybı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
PVAc	Kontrol	61,81	f
	Boya	17,01	bc
	Vernik	22,51	d
D-VTKA	Kontrol	62,33	f
	Boya	16,88	b
	Vernik	18,54	c
FenolFenol	Kontrol	56,36	e
	Boya	11,15	a
	Vernik	21,51	d

Yapıştırıcı ve üst yüzey malzemesi türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış, doğu kayını lamine ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde PVAc ve Fenol formaldehit tutkalları ile lamine edilen nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde ve PVAc ve D-VTKA tutkalları ile lamine edilen kontrol örneklerinde ve son olarak PVAc ve D-VTKA tutkalı ile lamine edilen yangın geciktiricili boya örnekleri arasında istatistiki olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.1.3. Sapelli Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.9'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	4,12	1,91	1,16	1,49	2,97	1,76	1,51	2,60	1,66
2*	8,66	3,99	2,54	3,08	4,23	3,52	6,66	4,39	2,69
3*	13,35	6,06	4,00	5,11	5,48	5,38	9,75	6,23	4,72
4*	20,00	7,22	6,18	9,13	8,61	8,17	17,16	7,51	6,32
5*	26,56	9,59	9,25	13,19	9,82	11,89	28,36	8,32	8,92
6*	32,38	11,26	11,51	21,25	12,45	14,64	43,38	9,19	11,85
7*	37,93	13,27	14,44	28,40	14,81	16,2	48,71	9,79	13,74
8*	42,55	16,06	17,22	35,81	16,39	18,68	52,53	10,87	14,81
9	47,65	16,38	17,43	39,78	18,27	20,02	64,43	12,24	15,39
10	52,58	17,39	19,12	46,91	19,97	20,31	71,60	13,02	15,9
11	57,77	18,8	20,36	50,87	20,18	20,58	82,04	13,39	16,14
12	65,41	20,05	20,95	54,59	20,47	21,15	87,77	13,67	16,22
13	70,94	20,19	21,24	58,03	20,85	21,34	88,89	13,87	16,35
14	77,22	20,49	21,38	67,00	21,11	21,74	90,62	14,05	17,21
15	84,17	20,78	21,53	74,55	21,33	22,03	91,65	14,32	17,86
16	89,19	20,91	21,75	78,59	21,63	22,12	93,84	14,45	18,17
17	91,86	21,22	21,94	85,03	21,78	22,25	94,66	14,95	18,45
18	94,88	21,47	22,09	88,58	21,97	22,33	96,06	15,42	19,28
19	96,36	21,61	22,26	94,42	22,13	23,08	96,72	15,26	19,87
20	97,38	21,85	22,39	97,06	22,48	23,67	97,24	15,12	20,47

\* Alevli yanma

Farklı tutkallarla lamine edilmiş sapelli ağaç malzemesinin, kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneylerinde sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı, % 52,53 ile Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilen kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 10,87 ile Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya örneklerinde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı, % 97,38 ile PVAc tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 15,12 ile Fenol Formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya örneklerinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Sapelli örneklerindeki ağırlık kaybı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	449058,809 <sup>a</sup>	179	2508,708	24,921	0,000
Sabit Terim	6487039,853	1	6487039,853	64441,198	0,000
A:Yapıştırıcı	10199,114	2	5099,557	50,658	0,000
B:Üstyüzey işlemleri	218939,718	2	109469,859	1087,456	0,000
C: Ölçüm zamanı	112759,336 <sup>d</sup>	19	5934,702	58,954	0,000
Etkileşim A*B	31457,102	4	7864,275	78,122	0,000
Etkileşim A*C	8576,954	38	225,709	2,242	0,000
Etkileşim B*C	47750,326 <sup>a</sup>	38	1256,588	12,483	0,000
Etkileşim A*B*C	19376,258	76	254,951	2,533	0,000
Hata	90599,431	900	100,666		
Toplam	7026698,093	1080			
Düzeltilmiş Toplam	539658,240 <sup>d</sup>	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, sarıçam ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri % 95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte bu üç faktörün birbirleri arasındaki ikili ve üçlü etkileşimleri ele alındığında Sapelli ağaç malzemenin yanması sonucunda ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri % 95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak % ağırlık kaybı ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Sapelli ağaç malzeme % ağırlık kaybı ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.11. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Sapelli ağaç malzemenin % ağırlık kaybı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	Homojenlik
PVAc	Kontrol	55,55	e
	Boya	15,18	bc
	Vernik	15,94	bc
D-VTKA	Kontrol	47,64	de
	Boya	15,90	bc
	Vernik	17,29	c
FenolFenol	Kontrol	63,18	f
	Boya	10,93	a
	Vernik	13,80	b



Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış sapelli ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde yapıştırıcının istatistiksel olarak karşılaştırılmalarının yapılması sonucu, PVAc ve D-VTKA tutkalları ile lamine edilen kontrol örnekleri arasında, PVAc ve D-VTKA tutkalı ile lamine edilen yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri arasında ve PVAc li yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri ile Fenol formaldehit tutkallı nano partiküllü polyüretan vernik, ile üst yüzey işlemi uygulanan örnekler arasında istatistiki olarak bir fark görülmemiştir.

#### **4.3.2. Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri**

##### **4.3.2.1. Sarıçam Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri**

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.12’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen üst sıcaklık değerleri ortalama değerleri.

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	97	104	100	75	103	88	99	117	94
2*	120	122	113	98	118	101	128	131	107
3*	140	135	125	123	130	113	159	144	120
4*	158	149	135	152	142	124	183,	155	131
5*	180	162	145	178	153	135	206	162	140
6*	212	173	155	201	160	144	220	168	146
7*	252	180	163	228	166	151	243	171	151
8*	294	183	169	253	170	156	268	174	154
9	344	180	170	281	167	158	297	174	151
10	388	166	160	341	156	153	352	165	141
11	424	154	149	445	145	145	425	152	130
12	481	143	140	467	136	136	416	142	121
13	484	134	131	399	128	126	381	134	114
14	407	126	124	347	121	118	297	127	107
15	362	119	117	309	115	110	255	120	101
16	303	113	111	280	109	104	228	115	96
17	263	108	106	257	105	98	203	110	91
18	235	104	101	239	100	94	187	106	87
19	222	100	97	224	97	89	171	102	84
20	206	97	94	196	94	87	159	97	81

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla lamine edilmiş Sarıçam ağaç malzemesinin, kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneylerinde sonucunda elde edilen üst sıcaklık ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla sıcaklık, 484 °C PVAc tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken en düşük sıcaklık 154°C Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilen nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Sarıçam örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	944392,946 <sup>b</sup>	179	5275,938	6,954	0,000
Sabit Terim	20295735,837	1	20295735,837	26751,764	0,000
A:Yapıştırıcı	19053,791	2	9526,895	12,557	0,000
B:Üst yüzey işlemleri	103211,188	2	51605,594	68,021	0,000
C:Ölçüm zamanı	672229,040 <sup>e</sup>	19	35380,476	46,635	0,000
Etkileşim A*B	17160,999	4	4290,250	5,655	0,000
Etkileşim A*C	39180,258	38	1031,059	1,359	0,000
Etkileşim B*C	44538,669 <sup>b</sup>	38	1172,070	1,545	0,000
Etkileşim A*B*C	49019,002	76	644,987	0,850	0,000
Hata	682802,157	900	758,669		
Toplam	21922930,940	1080			
Düzeltilmiş Toplam	1627195,103 <sup>e</sup>	1079			

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 yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı faktörlerinin tamamının tekli, çiftli veya üçlü tüm etkileşimleri % 95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak üst sıcaklık ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.14’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün sarıçam ağaç malzeme üst sıcaklık ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.14. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam ağaç malzemenin üst sıcaklık ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	Homojenlik
PVAc	Kontrol	278,6	f
	Boya	138,2	c
	Vernik	130,8	b
D-VTKA	Kontrol	255,2	e
	Boya	131,2	b
	Vernik	128,3	b
FenolFenol	Kontrol	244,3	d
	Boya	138,7	c
	Vernik	117,8	a

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış sarıçam ağaç malzeme örneklerinin üst sıcaklık ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde PVAc ve D-VTKA ile lamine edilen nano partiküllü polyüretan vernik ve yangın geciktiricili boya üst yüzey malzeme örneklerinde ve D-VTKA ve Fenol formaldehit tutkalları ile lamine edilen kontrol örnekleri arasında da fark görülmemiştir.

#### 4.3.2.2. Doğu kayını Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.15’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen üst sıcaklık değerleri ortalama değerleri.

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	73	115	97	77	91	85	104	111	88
2*	88	130	114	96	107	96	132	127	104
3*	103	143	129	113	122	109	162	140	118
4*	129	156	145	129	138	120	185	15	132
5*	156	166	161	150	151	131	207	159	147
6*	188	175	174	176	161	142	221	165	158
7*	225	183	181	201	169	150	234	169	165
8*	252	190	187	224	175	155	249	172	167
9	294	189	187	250	176	154	267	17	165
10	391	179	175	307	165	143	301	159	152
11	420	166	140	463	152	133	323	148	140
12	535	155	151	511	141	124	385	138	130
13	575	146	140	591	131	116	410	129	121
14	464	138	131	476	122	110	387	122	113
15	399	130	123	361	115	104	355	115	106
16	297	124	116	325	109	99	279	110	100
17	223	118	111	243	103	94	225	105	95
18	173	114	105	186	98	90	179	101	91
19	136	110	101	144	94	87	144	97	87
20	99	106	97	109	90	84	112	94	83

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla (Pve, Dvtka ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş 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 575 °C PVAc tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 155 °C ile Dvtka tutkalıyla lamine edilmiş nano partiküllü poliyüretan vernik örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Doğu kayını örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
Düzeltilmiş Model	1313549,745 <sup>b</sup>	179	7338,267	28,014	0,000
Sabit Terim	21705582,447	1	21705582,447	82862,575	0,000
A:Yapıştırıcı	82322,470	2	41161,235	157,136	0,000
B:Üstyüzeyişlemi	227971,799	2	113985,899	435,149	0,000
C:Ölçümzamanı	952661,447 <sup>c</sup>	19	50140,076	191,413	0,000
Etkileşim A*B	6447,333	4	1611,833	6,153	0,000
Etkileşim A*C	6835,206	38	179,874	0,687	0,000
Etkileşim B*C	24496,025 <sup>b</sup>	38	644,632	2,461	0,000
Etkileşim A*B*C	12815,466	76	168,625	0,644	0,000
Hata	235752,078	900	261,947		
Toplam	23254884,270	1080			
Düzeltilmiş Toplam	1549301,823 <sup>c</sup>	1079			

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 yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı faktörlerinin tamamının tekli, çiftli veya üçlü tüm etkileşimleri % 95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak üst sıcaklık ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.17’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Doğu Kayını ağaç malzeme üst sıcaklık ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.17. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayının üst sıcaklık ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	Homojenlik
PVAc	Kontrol	261,0	f
	Boya	147,2	de
	Vernik	138,8	cd
D-VTKA	Kontrol	256,6	f
	Boya	130,9	bc
	Vernik	116,8	a
FenolFenol	Kontrol	243,1	e
	Boya	134,5	c
	Vernik	123,6	ab

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan

vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış doğu kayını ağaç malzeme örneklerinin üst sıcaklık ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde PVAc ve D-VTKA tutkalları ile lamine edilmiş kontrol örnekleri arasında ve D-VTKA ve Fenol Formaldehit tutkalları ile lamine edilen nano partiküllü polyüretan vernik ve yangın geciktiricili boyalı örneklerinde istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.2.3. Sapelli Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.18’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen üst sıcaklık değerleri ortalama değerleri.

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	63	111	82	62	100	83	96	115	86
2*	81	126	93	82	113	94	127	129	96
3*	102	140	102	102	128	103	165	141	105
4*	130	154	111	124	142	111	191	153	113
5*	163	165	120	151	154	121	217	162	121
6*	195	173	128	170	163	131	236	170	128
7*	216	179	137	180	171	139	250	174	135
8*	231	182	141	204	174	146	267	178	140
9	259	179	145	224	172	150	291	177	139
10	300	165	131	255	158	141	330	168	136
11	344	153	122	297	146	133	335	156	128
12	407	143	114	342	136	124	311	145	121
13	452	134	106	383	127	116	289	136	114
14	464	127	100	456	120	109	261	128	108
15	444	120	94	424	113	103	233	121	102
16	412	114	89	389	107	98	211	115	97
17	354	109	85	354	102	94	187	110	93
18	297	105	81	320	98	90	175	106	89
19	25	101	77	277	94	86	162	102	86
20	199	98	74	232	90	83	152	98	83

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi

akabinde elde edilen üst sıcaklık ortalama değerler çizelgesini sonuçlarına göre; en yüksek üst sıcaklık 464 °C PVAc tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 140 °C ile Fenol formaldehit tutkalıyla lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Sapelli ağaç malzeme örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
DüzeltilmişModel	1320060,638 <sup>b</sup>	179	7374,640	36,758	0,000
Sabit Terim	19911268,008	1	19911268,008	99245,892	0,000
A:Yapıştırıcı	11428,058	2	5714,029	28,481	0,000
B: Üst yüzeyişlemi	446224,889	2	223112,444	1112,084	0,000
C: Ölçüm zamanı	752657,454 <sup>e</sup>	19	39613,550	197,450	0,000
Etkileşim A*B	38905,020	4	9726,255	48,480	0,000
Etkileşim A*C	6380,181	38	167,899	0,837	0,000
Etkileşim B*C	39712,350 <sup>b</sup>	38	1045,062	5,209	0,000
Etkileşim A*B*C	24752,687	76	325,693	1,623	0,000
Hata	180563,053	900	200,626		
Toplam	21411891,700	1080			
DüzeltilmişToplam	1500623,692 <sup>e</sup>	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, sapelli ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen üst sıcaklık ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanının ayrı ayrı, ikili veya üçlü etkileşimleri %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak üst sıcaklık ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.20'de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Sapelli ağaç malzeme üst sıcaklık ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.20. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Sapeli ağaç malzemenin üst sıcaklık ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üst yüzey Türü	Ortalama	Homojenlik
PVAc	Kontrol	268,7	f
	Boya	139,3	d
	Vernik	104,5	a
D-VTKA	Kontrol	251,8	d
	Boya	130,8	c
	Vernik	113,3	b
FenolFenol	Kontrol	224,6	e
	Boya	141,7	d
	Vernik	112,5	b

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış sapelli ağaç malzeme örneklerinin üst sıcaklık ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde tüm tutkal türlerinin nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri arasında, PVAc ve Fenol formaldehit tutkallı yangın geciktiricili boyalı örnekleri arasında ve D-VTKA ve Fenol formaldehit tutkallı kontrol örnekleri arasında istatistiki olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.3. Ölçülen % O<sub>2</sub> Değerleri

##### 4.3.3.1. Sarıçam Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O<sub>2</sub> Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O<sub>2</sub> ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.21’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.



Çizelge 4.21. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % O<sub>2</sub> ortalama değerleri.

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	20,36	20,55	20,54	20,43	20,53	20,64	20,24	20,58	20,61
2*	19,84	20,21	20,14	20,14	20,21	20,31	19,77	20,33	20,10
3*	19,47	19,79	19,98	19,34	20,10	20,16	19,24	19,89	19,98
4*	18,77	19,37	19,75	18,73	19,64	19,89	18,87	19,56	19,81
5*	18,32	18,89	19,27	18,21	19,25	19,72	18,71	19,17	19,63
6*	18,07	18,59	18,95	18,10	18,80	19,60	18,40	18,82	19,42
7*	17,67	18,30	19,08	17,75	18,73	19,40	18,13	18,52	19,10
8*	17,16	18,11	18,80	16,94	18,58	19,29	17,75	18,35	18,85
9	16,65	18,01	18,52	16,73	18,46	18,97	17,41	18,28	18,52
10	16,30	18,00	18,34	16,45	18,41	18,67	16,83	18,26	18,36
11	16,32	18,08	18,20	16,08	18,41	18,45	16,56	18,30	18,25
12	16,46	18,30	18,11	16,39	18,54	18,30	16,98	18,37	18,25
13	17,57	18,69	18,12	17,63	18,97	18,18	17,51	18,53	18,29
14	18,33	19,49	18,35	18,46	19,50	18,40	18,97	18,86	18,44
15	19,39	20,05	18,78	19,88	19,96	18,60	20,16	19,36	18,68
16	20,35	20,38	19,28	20,36	20,30	18,93	20,36	19,79	18,87
17	20,59	20,61	19,75	20,69	20,54	19,44	20,53	20,16	19,43
18	20,70	20,73	20,09	20,81	20,70	19,97	20,65	20,38	19,78
19	20,86	20,87	20,41	20,93	20,85	20,21	20,77	20,59	20,13
20	20,89	20,95	20,65	20,96	20,90	20,56	20,85	20,74	20,44

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O<sub>2</sub> ortalama değerler sonuçları çizelgesine göre; en düşük % O<sub>2</sub> değeri (en fazla oksijen kaybı) % 16,30 ile PVAc ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O<sub>2</sub> değeri (en az oksijen kaybı) % 18,41 ile D-VTKA ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerindeki % O<sub>2</sub> ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
Düzeltilmiş Model	7666,548 <sup>c</sup>	179	42,830	1,282	0,000
Sabit Terim	414573,107	1	414573,107	12407,995	0,000
A:Yapıştırıcı	53,794	2	26,897	0,805	0,000
B: Üst yüzey işlemi	24,609	2	12,304	0,368	0,000
C: Ölçüm zamanı	2157,428 <sup>f</sup>	19	113,549	3,398	0,000
Etkileşim A*B	123,292	4	30,823	0,923	0,000
Etkileşim A*C	1315,446	38	34,617	1,036	0,000
Etkileşim B*C	1467,004 <sup>c</sup>	38	38,605	1,155	0,000
Etkileşim A*B*C	2524,975	76	33,223	0,994	0,000
Hata	30070,596	900	33,412		
Toplam	452310,251	1080			
Düzeltilmiş Toplam	37737,144 <sup>f</sup>	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, sarıçam lamine ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % O<sub>2</sub> ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

Bununla birlikte yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanının ayrı ayrı, ikili veya üçlü etkileşimleri %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak % O<sub>2</sub> ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.23'de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün sarıçam ağaç malzeme % O<sub>2</sub> ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.23. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam ağaç malzemenin % O<sub>2</sub> ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üst yüzey Türü	Ortalama	Homojenlik
PVAc	Kontrol	19,08	b
	Boya	19,39	d
	Vernik	19,25	c
D-VTKA	Kontrol	18,75	a
	Boya	19,56	e
	Vernik	19,39	d
FenolFenol	Kontrol	19,46	e
	Boya	19,34	d
	Vernik	19,25	c

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış, Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinin % O<sub>2</sub> ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. PVAc tutkallı ile lamine edilmiş kontrol ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler ile Fenol formaldehit tutkallı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler arasında, PVAc ve Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boyalı örnekleri ile D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler arasında ve D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boyalı örnekler ile Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.3.2. Doğu Kayını Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O<sub>2</sub> Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O<sub>2</sub> ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.24’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.24. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % O<sub>2</sub> ortalama değerleri.

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	kontrol	boya	vernik	kontrol	boya	vernik	kontrol	boya	vernik
1*	20,47	20,76	20,68	20,11	20,78	20,64	20,33	20,79	20,66
2*	20,09	20,47	20,45	19,85	20,64	20,42	19,85	20,65	20,41
3*	19,47	20,24	20,29	19,70	20,26	20,24	19,32	20,22	20,22
4*	18,93	19,64	20,06	19,38	19,74	20,02	18,95	19,60	19,92
5*	18,29	19,09	19,85	19,31	19,03	19,90	18,79	19,12	19,79
6*	17,64	18,64	19,57	19,05	18,77	19,50	18,68	18,70	19,45
7*	17,11	18,29	19,24	19,00	18,26	19,16	18,61	18,46	19,19
8*	16,82	18,10	18,89	18,92	18,02	18,89	18,53	18,35	18,77
9	16,68	18,00	18,54	18,21	17,86	18,70	17,79	18,29	18,42
10	16,17	17,96	18,20	17,53	17,89	18,55	17,41	18,27	18,09
11	16,56	17,93	17,97	17,03	17,45	18,44	16,94	18,29	17,83
12	16,96	17,97	17,92	16,55	18,12	18,46	16,66	18,38	17,73
13	17,46	18,34	17,86	17,11	18,35	18,60	18,59	18,83	17,82
14	18,50	18,86	18,17	19,06	18,67	18,94	20,05	19,32	18,04
15	19,77	19,36	18,41	19,95	19,36	19,48	20,25	19,76	18,40
16	20,41	19,84	18,77	20,36	19,82	20,06	20,45	20,20	18,87
17	20,78	20,22	19,26	20,74	20,16	20,42	20,62	20,46	19,32
18	20,83	20,50	19,65	20,80	20,45	20,69	20,74	20,62	19,81
19	20,89	20,71	20,00	20,91	20,65	20,86	20,86	20,76	20,08
20	20,91	20,84	20,30	20,93	20,74	20,90	20,94	20,84	20,32

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O<sub>2</sub> ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük % O<sub>2</sub> değeri (en fazla oksijen kaybı) % 16,17 ile PVAc tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O<sub>2</sub> değeri (en az oksijen kaybı) % 18,27 ile Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerindeki % O<sub>2</sub> ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
DüzeltilmişModel	1452,660 <sup>c</sup>	179	8,115	25,660	0,000
Sabit Terim	399147,143	1	399147,143	1262033,718	0,000
A:Yapıştırıcı	14,385	2	7,192	22,741	0,000
B:Üstyüzey işlemi	85,755	2	42,877	135,571	0,000
C: Ölçüm zamanı	1204,629 <sup>f</sup>	19	63,402	200,465	0,000
Etkileşim A*B	19,528	4	4,882	15,436	0,000
Etkileşim A*C	22,956	38	0,604	1,910	0,000
Etkileşim B*C	81,589 <sup>c</sup>	38	2,147	6,789	0,000
Etkileşim A*B*C	23,819	76	,313	0,991	0,000
Hata	284,646	900	,316		
Toplam	400884,449	1080			
Düzeltilmiş Toplam	1737,306 <sup>f</sup>	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkallarla lamine edilmiş Doğu Kayın ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % O<sub>2</sub> ortalama değerleri tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak % O<sub>2</sub> ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.26'de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Doğu Kayını ağaç malzeme % O<sub>2</sub> ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.26. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayının % O<sub>2</sub> ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	HomojenlikGrubu
PVAc	Kontrol	18,55	a
	Boya	19,33	cd
	Vernik	19,34	cd
D-VTKA	Kontrol	19,80	e
	Boya	19,28	cd
	Vernik	19,77	e
FenolFenol	Kontrol	18,93	b
	Boya	19,52	e
	Vernik	19,15	bc

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış doğu kayını ağaç malzeme örneklerinin etkileşimlerde; PVAc tutkalında yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü

polyüretan vernik, Fenol formaldehit tutkalında nano partiküllü polyüretan vernik, D-VTKA tutkalında ise yangın geciktiricili boya örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemektedir. Bunun yanında D-VTKA tutkalı ile lamine edilen kontrol ve nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri ile Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilen yangın geciktiricili boya örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemektedir.

#### 4.3.3.3. Sapelli Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O<sub>2</sub> Değerleri

Farklı tutkalarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O<sub>2</sub> ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.27’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % O<sub>2</sub> ortalama değerleri.

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	20,42	20,70	20,61	20,41	20,61	20,55	20,14	20,59	20,58
2*	19,88	20,45	20,34	19,87	20,35	20,26	19,77	20,31	20,29
3*	19,22	20,02	19,89	19,20	20,11	20,10	19,06	19,85	20,07
4*	18,64	19,70	19,71	18,62	19,91	19,89	18,63	19,32	19,88
5*	18,13	19,23	19,62	18,11	19,41	19,71	18,37	18,87	19,62
6*	17,76	18,84	19,45	17,74	18,87	19,57	18,02	18,56	19,44
7*	17,83	18,55	19,30	17,31	18,61	19,37	17,77	18,32	19,26
8*	17,83	18,30	19,28	16,81	18,33	19,16	17,27	18,14	19,14
9	17,34	18,15	19,03	16,52	18,13	19,04	16,84	18,07	19,06
10	16,74	18,12	18,75	16,33	18,06	18,97	16,45	18,07	19,03
11	16,42	18,04	19,19	16,91	18,07	18,85	16,90	18,12	18,92
12	17,87	18,28	19,18	17,55	18,14	18,54	17,89	18,23	18,76
13	18,47	18,76	19,23	18,15	18,41	18,74	18,54	18,61	18,69
14	19,06	19,20	19,51	19,04	18,89	18,88	19,21	19,18	18,68
15	19,54	19,65	19,97	19,54	19,31	19,17	20,29	19,62	18,79
16	20,11	20,00	20,36	20,11	19,77	19,58	20,35	19,99	19,01
17	20,38	20,29	20,60	20,38	20,11	20,03	20,50	20,30	19,34
18	20,50	20,43	20,80	20,50	20,29	20,39	20,58	20,54	19,66
19	20,59	20,52	20,93	20,59	20,47	20,70	20,71	20,69	19,93
20	20,70	20,66	20,95	20,69	20,46	20,87	20,83	20,80	20,19

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkalarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O<sub>2</sub> ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük % O<sub>2</sub>

değeri (en fazla oksijen kaybı) % 16,33 ile D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O<sub>2</sub> değeri (en az oksijen kaybı) % 18,75 ile PVAc tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.28. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerindeki % O<sub>2</sub> ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
Düzeltilmiş Model	1332,403 <sup>e</sup>	179	7,444	39,032	0,000
Sabit Terim	407374,508	1	407374,508	2136178,950	0,000
A:Yapıştırıcı	7,312	2	3,656	19,171	0,000
B:Üst yüzeyişlemi	150,307	2	75,154	394,088	0,000
C: Ölçüm zamanı	912,068 <sup>f</sup>	19	48,004	251,720	0,000
Etkileşim A*B	1,856	4	0,464	2,433	0,000
Etkileşim A*C	36,842	38	,970	5,084	0,000
Etkileşim B*C	101,660 <sup>e</sup>	38	2,675	14,029	0,000
Etkileşim A*B*C	122,357	76	1,610	8,442	0,000
Hata	171,632	900	0,191		
Toplam	408878,543	1080			
DüzeltilmişToplam	1504,035 <sup>f</sup>	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkallarla lamine edilmiş Sapelli ağaç malzemenin yanması akabinde ölçülen % O<sub>2</sub> ortalama değerleri tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak % O<sub>2</sub> ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.29’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Sapelli ağaç malzeme % O<sub>2</sub> ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.29. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Sapelli ağaç malzemenin % O<sub>2</sub> ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	HomojenlikGrubu
PVAc	Kontrol	19,09	ab
	Boya	19,45	c
	Vernik	20,07	e
D-VTKA	Kontrol	18,96	a
	Boya	19,39	c
	Vernik	19,87	de
FenolFenol	Kontrol	18,91	a
	Boya	19,34	bc
	Vernik	19,73	d

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış sapelli ağaç malzeme örneklerinin etkileşimlerde; Tüm tutkalların kontrol örneklerinde yine tüm tutkal türlerinin yangın geciktiricili boya örneklerinde ve D-VTKA ve Fenol formaldehit tutkallarının nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.4. Ölçülen CO Değerleri

##### 4.3.4.1. Sarıçam Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ortalama değerler Çizelge 4.30'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4.30. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen CO ortalama değerleri. (ppm).

Zam an	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	14,7	3,6	4,0	20,6	3,6	2,8	46,0	1,6	1,3
2*	19,1	28,6	3,6	66,8	21,6	3,5	87,0	10,8	6,6
3*	26,1	89,5	13,3	140,6	67,5	14,3	107,9	42,6	5,4
4*	56,2	155,1	50,6	182,7	106,1	43,1	116,1	97,1	21,5
5*	98,8	219,5	100,6	197,4	139,1	78,0	145,0	147,1	48,0
6*	137,7	252,5	154,8	212,3	171,1	111,6	255,3	184,3	79,3
7*	160,2	283,0	198,6	221,2	202,1	145,1	402,7	216,3	113,5
8*	187,9	312,0	230,3	269,7	226,0	188,5	465,8	226,5	145,5
9	263,5	339,1	268,3	438,6	246,3	204,0	492,3	252,5	179,5
10	370,0	347,8	307,8	542,5	265,6	239,3	428,8	251,3	216,1
11	441,8	346,0	341,1	398,5	275,0	271,5	274,4	240,7	244,8
12	464,4	342,5	373,5	228,8	278,3	299,0	238,6	222,6	269,3
13	446,7	315,1	398,5	189,7	269,3	320,5	212,9	200,5	268,8
14	405,4	260,5	412,3	180,6	241,5	336,3	186,1	174,1	281,1
15	317,2	205,0	409,6	153,5	214,6	327,5	167,5	140,1	264,1
16	273,0	158,8	384,8	96,7	175,1	313,0	154,6	111,6	234,6
17	218,7	118,0	337,8	72,3	141,5	279,0	137,8	84,8	211,3
18	216,5	82,3	287,5	50,1	108,3	239,8	99,9	62,5	190,5
19	131,4	57,3	232,5	30,4	79,0	208,0	61,6	47,8	173,0
20	55,4	38,5	176,6	26,6	63,3	176,1	45,4	36,1	163,8

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkullarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 542,5 ppm ile D-VTKA tutkulu ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 252,5 ppm ile Fenol formaldehit tutkulu ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.31. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeiyi
Düzeltilmiş Model	13299943,319 <sup>d</sup>	179	74301,359	13,901	0,000
Sabit Terim	33174474,681	1	33174474,681	6206,738	0,000
A:Yapıştırıcı	731914,491	2	365957,245	68,468	0,000
B:Üstüzeyişlemi	176771,002 <sup>a</sup>	2	88385,501	16,536	0,000
C: Ölçüm zamanı	9422490,393	19	495920,547	92,784	0,000
Etkileşim A*B	111829,326	4	27957,331	5,231	0,000
Etkileşim A*C	358682,880	38	9439,023	1,766	0,000
Etkileşim B*C	2091113,257 <sup>d</sup>	38	55029,296	10,296	0,000
Etkileşim A*B*C	407141,970	76	5357,131	1,002	0,000
Hata	4810422,000	900	5344,913		
Toplam	51284840,000 <sup>a</sup>	1080			
DüzeltilmişToplam	18110365,319	1079			



Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkallarla lamine edilmiş sarıçam ağaç malzemenin yanması sırasında ölçülen CO ortalama değerleri sonucunda, yapıştırıcı, üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı faktörlerinin tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak CO ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.32’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün sarıçam ağaç malzeme CO ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.32. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam ağaç malzemenin CO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstüzyüz Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
PVAc	Kontrol	215,43	de
	Boya	197,76	cd
	Vernik	234,34	e
D-VTKA	Kontrol	185,13	bc
	Boya	164,78	abc
	Vernik	190,07	bcd
FenolFenol	Kontrol	204,65	d
	Boya	137,57	a
	Vernik	155,63	ab

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış sarıçam ağaç malzeme örneklerinin etkileşimlerinde; PVAc tutkalı ile lamine edilen örneklerde kontrol ve yangın geciktiricili boya örnekleri arasında, D-VTKA tutkalı ile lamine edilen nano partiküllü polyüretan vernikli örneklerde ve Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilen kontrol örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Bununla birlikte D-VTKA tutkalı ile lamine edilen kontrol, yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde ve Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilen nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Son olarak Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilen yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde ve D-VTKA

tutkalı ile lamine edilen yangın geciktiricili boya örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.4.2. Doğu Kayını Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Doğu Kayının ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ortalama değerler Çizelge 4.33’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen CO ortalama değerleri (ppm).

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	3,5	3,1	4,0	5,8	14,3	2,3	6,1	2,6	1,1
2*	8,0	14,3	9,0	15,8	22,1	1,8	8,8	12,6	2,1
3*	25,3	49,5	18,1	44,5	46,3	14,0	22,1	45,6	8,3
4*	56,8	91,5	32,0	93,3	85,6	48,8	49,3	82,8	24,3
5*	89,5	133,3	51,6	153,3	130,1	89,8	89,3	121,8	55,5
6*	127,8	173,6	86,1	203,0	165,3	126,3	119,5	155,1	89,3
7*	166,3	212,6	137,0	255,8	206,1	159,1	152,5	169,6	134,0
8*	209,1	234,0	178,3	307,5	240,3	189,0	189,1	175,6	174,1
9	258,8	251,0	225,8	357,5	274,5	216,8	226,0	181,3	216,1
10	321,3	260,1	269,8	388,3	300,3	237,1	276,8	185,1	260,5
11	382,8	277,0	310,8	401,1	320,5	266,3	337,3	184,1	313,5
12	436,0	303,6	328,5	388,0	318,3	283,8	419,1	175,6	349,6
13	465,5	307,8	338,1	363,3	305,1	298,6	473,3	154,8	358,8
14	455,8	289,0	338,5	329,1	285,0	299,0	495,1	131,5	359,8
15	414,0	252,6	332,0	294,3	251,6	271,0	467,6	105,1	341,0
16	360,3	220,0	326,5	259,6	208,1	212,8	426,6	76,3	309,1
17	317,5	181,0	318,1	226,8	168,1	157,1	397,5	56,0	268,6
18	300,3	139,8	298,3	197,1	124,1	119,6	358,1	42,3	222,3
19	279,3	103,8	269,1	178,8	96,8	84,0	333,8	30,8	183,3
20	231,3	76,3	232,0	168,3	75,3	61,0	314,1	22,8	148,1

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 495,1 ppm ile Fenol formaldehit ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 185,1 ppm ile Fenol formaldehit ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.34. Doğu kayını lamine ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
DüzeltilmişModel	17705648,133 <sup>d</sup>	179	98914,235	12,797	0,000
Sabit Terim	41404651,200	1	41404651,200	5356,737	0,000
A:Yapıştırıcı	152341,067	2	76170,533	9,855	0,000
B:Üstyüzeyişlemi	1599302,339 <sup>a</sup>	2	799651,169	103,455	0,000
C:Ölçüm zamanı	12360217,133	19	650537,744	84,163	0,000
Etkileşim A*B	490136,811	4	122534,203	15,853	0,000
Etkileşim A*C	622068,933	38	16370,235	2,118	0,000
Etkileşim B*C	1633187,217 <sup>d</sup>	38	42978,611	5,560	0,000
Etkileşim A*B*C	848394,633	76	11163,087	1,444	0,000
Hata	6956508,667	900	7729,454		
Toplam	66066808,000 <sup>a</sup>	1080			
DüzeltilmişToplam	24662156,800	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkullarla lamine edilmiş doğu kayını ağaç malzemenin yanması sırasında ölçülen CO ortalama değerleri sonucunda, üç değişkenin (yapıştırıcı üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı) tüm tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerinin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak CO ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.35’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Doğu Kayını ağaç malzeme CO ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.35. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayının CO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	HomojenlikGrubu
PVAc	Kontrol	253,03	e
	Boya	178,72	bc
	Vernik	205,21	cd
D-VTKA	Kontrol	231,60	de
	Boya	181,93	bc
	Vernik	156,94	b
FenolFenol	Kontrol	258,14	e
	Boya	105,62	a
	Vernik	191,01	bc

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış doğu kayını ağaç malzeme örneklerinin

etkileşimlerinde; Tüm tutkal türlerinin kontrol örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. PVAc ve D-VTKA tutkalları ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya ve Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.4.3. Sapelli Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ortalama değerler Çizelge 4.36’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.36. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen CO ortalama değerleri (ppm).

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	1,6	3,0	2,8	10,8	3,5	1,1	5,8	5,6	3,0
2*	10,3	16,6	9,6	35,0	3,6	,5	4,5	30,8	2,1
3*	42,6	57,8	32,0	75,0	5,1	3,0	5,0	74,1	2,6
4*	78,3	94,3	68,5	106,8	12,3	18,3	15,0	114,8	9,1
5*	120,5	134,0	86,3	160,8	33,3	46,8	34,1	160,8	26,5
6*	170,0	172,6	129,5	205,8	58,0	75,5	66,5	200,1	47,5
7*	211,3	202,1	158,5	252,6	84,5	94,5	101,8	236,1	77,6
8*	250,3	238,8	177,5	289,6	112,7	110,3	133,0	261,3	101,3
9	321,0	270,5	225,8	354,6	147,1	133,5	160,1	274,6	132,0
10	420,5	286,6	272,3	398,5	176,0	158,3	194,0	278,1	159,1
11	426,5	297,3	318,8	423,8	222,8	178,6	228,5	269,1	180,0
12	328,0	298,6	306,3	423,5	257,8	196,5	265,8	260,1	208,5
13	319,3	302,1	313,6	384,5	303,6	207,8	319,3	237,8	230,5
14	297,6	293,5	309,6	321,8	331,1	231,3	370,0	217,1	243,0
15	271,8	271,5	225,3	280,1	358,0	272,3	408,0	187,3	257,6
16	225,5	228,1	183,8	240,5	363,6	298,0	420,3	155,5	262,3
17	192,8	175,5	151,3	198,8	367,6	208,3	410,3	121,3	258,3
18	168,1	135,1	113,8	160,1	355,3	179,0	385,0	94,8	247,5
19	140,3	103,1	100,3	140,5	328,1	144,0	359,0	69,8	235,0
20	114,1	78,6	86,1	120,1	307,6	116,6	326,1	53,6	212,1

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 426,5 ppm ile PVAc tutkallı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 262,3 ppm ile Fenol formaldehit

tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.37. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
Düzeltilmiş Model	17454417,700 <sup>d</sup>	179	97510,713	6,281	0,000
Sabit Terim	32296337,633	1	32296337,633	2080,389	0,000
A:Yapıştırıcı	382278,606	2	191139,303	12,312	0,000
B:Üstyüzey işlemi	1843456,550 <sup>a</sup>	2	921728,275	59,374	0,000
C: Ölçüm zamanı	8980745,107	19	472670,795	30,447	0,000
Etkileşim A*B	301531,111	4	75382,778	4,856	0,000
Etkileşim A*C	1321276,320	38	34770,429	2,240	0,000
Etkileşim B*C	2672494,598 <sup>d</sup>	38	70328,805	4,530	0,000
Etkileşim A*B*C	1952635,407	76	25692,571	1,655	0,000
Hata	13971764,667	900	15524,183		
Toplam	63722520,000 <sup>a</sup>	1080			
DüzeltilmişToplam	31426182,367	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkallarla lamine edilmiş sapelli ağaç malzemenin yanması sırasında ölçülen CO ortalama değerleri sonucunda, üç değişkenin (yapıştırıcı üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı) tüm tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerinin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak CO ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.38’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Sapelli ağaç malzeme CO ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.38. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sapelli ağaç malzemenin CO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	HomojenlikGrubu
PVAc	Kontrol	191,62	def
	Boya	183,02	cde
	Vernik	74,12	a
D-VTKA	Kontrol	229,19	f
	Boya	248,55	f
	Vernik	127,62	b
FenolFenol	Kontrol	210,62	ef
	Boya	165,18	bcd
	Vernik	144,81	bc

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış sapelli ağaç malzeme örneklerinin etkileşimlerinde; Tüm tutkalların kontrol örnekleri ve D-VTKA ile lamine edilen yangın geciktiricili boyalı örnekler arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernikli ve yangın geciktiricili boyalı örnekler ve D-VTKA ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.5. Ölçülen NO Değerleri

##### 4.3.5.1. Sarıçam Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Farklı tutkalarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ortalama değerler Çizelge 4.39'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.40'de verilmiştir.

Çizelge 4.39. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen NO ortalama değerleri (ppm).

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	0,8	1,8	1,1	,5	1,8	,1	1,0	,3	1,0
2*	1,3	3,6	1,3	1,0	4,5	,3	1,1	1,3	1,1
3*	3,7	8,8	4,0	2,1	8,5	2,3	1,5	4,0	2,0
4*	7,1	14,1	11,1	2,8	13,1	5,5	2,3	9,0	4,6
5*	10,9	19,8	18,5	4,8	18,0	9,6	3,6	14,3	8,6
6*	13,3	22,5	28,3	8,0	22,6	13,8	6,6	20,3	16,5
7*	17,3	26,8	37,1	12,5	27,3	19,5	9,6	24,0	23,0
8*	20,6	30,6	44,3	15,6	30,8	24,0	13,3	25,5	29,1
9	21,8	32,5	51,6	18,1	32,8	29,5	17,5	25,3	33,8
10	21,5	33,8	55,6	18,5	33,1	34,5	19,6	23,8	36,5
11	21,0	30,1	57,1	17,5	31,5	37,1	21,5	21,6	36,6
12	20,6	26,5	56,5	16,6	28,5	38,0	19,8	19,3	34,8
13	19,8	20,6	51,5	15,0	23,0	37,0	19,3	16,8	31,5
14	13,5	15,6	45,6	13,1	17,6	32,8	16,8	12,6	26,6
15	10,5	12,1	37,5	11,6	14,6	27,5	15,3	10,3	23,0
16	10,0	8,8	29,6	10,8	11,1	22,1	13,6	7,6	18,5
17	8,8	6,3	23,1	10,5	8,8	17,5	11,6	5,8	14,3
18	5,5	4,8	18,0	10,3	7,3	13,5	10,0	4,1	11,5
19	2,6	3,8	13,1	10,1	5,8	10,6	8,5	3,1	8,3
20	0,3	2,8	10,0	9,6	4,6	8,6	6,5	2,6	6,3

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) ile lamine edilen 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 57,01 ppm ile PVAc tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 18,5 ppm ile D-VTKA tutkalı ile lamine edilen kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.40. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
Düzeltilmiş Model	173055,721 <sup>e</sup>	179	966,792	21,262	0,000
Sabit Terim	265989,445	1	265989,445	5849,660	0,000
A:Yapıştırıcı	2091,402	2	1045,701	22,997	0,000
B: Üst yüzey işlemi	31749,563 <sup>b</sup>	2	15874,781	349,119	0,000
C: Ölçüm zamanı	97308,462	19	5121,498	112,632	0,000
Etkileşim A*B	10755,915	4	2688,979	59,136	0,000
Etkileşim A*C	1402,413	38	36,906	0,812	0,000
Etkileşim B*C	25287,585 <sup>e</sup>	38	665,463	14,635	0,000
Etkileşim A*B*C	4460,381	76	58,689	1,291	0,000
Hata	40923,833	900	45,471		
Toplam	479969,000 <sup>b</sup>	1080			
Düzeltilmiş Toplam	213979,555	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş sarıçam ağaç malzemenin yanması sırasında ölçülen NO ortalama değerleri sonucunda, üç değişkenin (yapıştırıcı üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı) tüm tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerinin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak NO ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.41'de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Sarıçam ağaç malzeme NO ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.41. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam ağaç malzemenin NO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	HomojenlikGrubu
PVAc	Kontrol	6,12	a
	Boya	16,32	c
	Vernik	29,78	e
D-VTKA	Kontrol	10,48	b
	Boya	17,30	c
	Vernik	19,22	c
FenolFenol	Kontrol	10,98	b
	Boya	12,62	b
	Vernik	18,41	c

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış sarıçam ağaç malzeme örneklerinin etkileşimlerinde; PVAc tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya, D-VTKA tutkalı ile lamine edilen yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik ve Fenol Formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde ve Fenol Formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş kontrol ve yangın geciktiricili boya örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.5.2. Doğu Kayını Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ortalama değerler Çizelge 4.42’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.43’de verilmiştir.



Çizelge 4.42. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen NO ortalama değerleri (ppm).

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	0,1	0,6	0,5	0,6	0,7	1,3	0,3	0,6	2,3
2*	0,6	1,6	1,5	1,3	1,1	1,3	1,0	1,3	2,5
3*	1,3	2,3	2,5	2,0	2,0	2,8	3,5	4,3	2,0
4*	3,8	3,8	5,0	3,6	6,3	5,6	6,8	9,5	3,5
5*	9,0	8,0	12,5	6,0	10,5	10,3	11,3	16,1	7,8
6*	15,8	13,0	20,0	12,3	17,5	16,1	16,3	23,5	15,0
7*	21,3	19,0	28,3	20,3	24,3	22,1	19,3	27,8	24,8
8*	24,1	24,8	36,1	23,0	28,0	29,6	20,5	29,5	33,0
9	25,8	29,1	41,6	21,1	31,0	34,3	21,3	30,0	41,0
10	25,8	31,5	50,3	17,8	32,0	39,1	21,3	30,5	46,6
11	24,8	31,5	52,3	15,5	31,1	40,8	20,6	30,5	47,5
12	23,1	29,1	49,1	13,0	26,8	40,6	18,5	29,6	46,1
13	21,0	26,0	44,5	10,6	24,0	37,6	14,1	24,5	42,8
14	18,8	20,0	37,8	10,0	19,1	31,3	10,6	19,5	39,1
15	17,5	15,6	30,1	9,5	14,0	22,5	8,0	15,5	35,3
16	16,0	13,5	23,5	10,1	10,3	15,5	5,3	12,8	31,1
17	13,5	11,8	18,0	11,8	7,8	11,1	4,0	10,0	26,0
18	9,1	11,1	13,0	10,3	5,6	8,3	3,0	7,5	21,0
19	6,5	9,8	10,3	7,8	3,8	6,1	2,1	5,0	16,3
20	4,6	7,1	8,1	4,0	3,1	4,3	1,6	3,6	12,1

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkalarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) ile lamine edilen doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 52,3 ppm ile PVAc tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 21,3 ppm ile Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilen kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.43. Doğu kayını lamine ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	178894,625 <sup>c</sup>	179	999,411	11,979	0,000
Sabit Terim	299500,208	1	299500,208	3589,783	0,000
A: Yapıştırıcı	2573,372	2	1286,686	15,422	0,000
B: Üst yüzey işlemi	19779,739 <sup>b</sup>	2	9889,869	118,539	0,000
C: Ölçüm zamanı	129072,551	19	6793,292	81,424	0,000
Etkileşim A*B	3951,189	4	987,797	11,840	0,000
Etkileşim A*C	1305,924	38	34,366	0,412	0,000
Etkileşim B*C	17490,335 <sup>c</sup>	38	460,272	5,517	0,000
Etkileşim A*B*C	4721,515	76	62,125	0,745	0,000
Hata	75088,167	900	83,431		
Toplam	553483,000 <sup>b</sup>	1080			
Düzeltilmiş Toplam	253982,792	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş doğu kayını ağaç malzemenin yanması sırasında ölçülen NO ortalama değerleri sonucunda, üç değişkenin (yapıştırıcı üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı) tüm tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerinin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak NO ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.44'de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Doğu Kayını ağaç malzeme NO ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.44. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayının NO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	HomojenlikGrubu
PVAc	Kontrol	14,59	bc
	Boya	16,60	cd
	Vernik	24,82	e
D-VTKA	Kontrol	10,21	a
	Boya	14,95	c
	Vernik	19,07	d
FenolFenol	Kontrol	15,39	cd
	Boya	10,50	ab
	Vernik	24,17	e

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış doğu kayını ağaç malzeme örneklerinin etkileşimlerinde; PVAc ve Fenol Formaldehit tutkalları ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. PVAc tutkallı ile lamine edilmiş kontrol ve yangın geciktiricili boyalı örneklerde, D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boyalı örneklerde ve Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örnekleri arasında fark görülmemiştir.

#### 4.3.5.3. Sapelli Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ortalama değerler Çizelge 4.45’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.46’de verilmiştir.

Çizelge 4.45. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen NO ortalama değerleri (ppm).

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	0,6	1,1	1,3	0,8	1,3	1,0	1,0	0,8	0,6
2*	1,1	2,0	2,0	1,5	1,5	1,3	3,1	1,8	1,1
3*	2,8	2,6	5,1	3,9	2,6	1,8	6,3	3,9	1,5
4*	6,0	3,8	8,0	5,1	5,8	4,3	11,6	5,8	1,8
5*	11,3	6,1	15,3	7,3	9,5	8,6	17,6	6,1	4,3
6*	17,0	10,1	23,3	14,3	18,1	13,5	23,3	8,5	8,3
7*	22,1	16,8	28,8	26,1	26,0	18,3	27,5	11,1	12,0
8*	26,0	23,8	33,3	32,6	32,0	23,1	29,8	18,3	16,8
9	28,0	29,6	36,3	31,6	37,0	29,8	30,1	24,8	21,8
10	29,8	32,8	35,1	26,0	37,1	35,0	29,3	29,6	26,8
11	30,8	34,8	33,6	19,8	35,0	38,1	28,0	31,5	29,8
12	29,8	34,8	31,6	14,0	33,5	39,3	24,8	31,5	33,1
13	27,3	33,0	25,6	10,0	28,3	39,0	20,6	30,1	34,8
14	22,6	31,8	22,8	7,1	21,8	36,3	16,0	28,1	33,8
15	16,8	29,3	18,5	5,1	19,1	33,5	12,1	24,3	32,1
16	12,1	27,5	14,1	4,1	13,6	27,5	9,1	22,0	29,0
17	8,5	26,8	11,5	3,6	11,3	20,6	7,5	20,1	25,0
18	6,1	25,5	9,6	4,0	9,6	15,1	5,3	19,3	21,6
19	4,1	23,6	8,5	4,1	8,6	10,1	4,3	18,3	18,3
20	2,8	21,8	6,8	4,5	7,6	7,6	3,3	17,1	15,1

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) ile lamine edilen sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde ölçülen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 39,3 ppm ile D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 30,8 ppm ile PVAc tutkalı ile lamine edilen kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.46. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
Düzeltilmiş Model	152826,499 <sup>e</sup>	179	853,779	11,545	0,000
Sabit Terim	318304,334	1	318304,334	4304,113	0,000
A: Yapıştırıcı	722,446	2	361,223	4,884	0,000
B: Üst yüzey işlemi	601,807 <sup>b</sup>	2	300,904	4,069	0,000
C: Ölçüm zamanı	112335,573	19	5912,399	79,947	0,000
Etkileşim A*B	8019,970	4	2004,993	27,112	0,000
Etkileşim A*C	3521,257	38	92,665	1,253	0,000
Etkileşim B*C	12570,452 <sup>e</sup>	38	330,801	4,473	0,000
Etkileşim A*B*C	15054,993	76	198,092	2,679	0,000
Hata	66558,167	900	73,954		
Toplam	537689,000 <sup>b</sup>	1080			
Düzeltilmiş Toplam	219384,666	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş sapelli ağaç malzemenin yanması sırasında ölçülen NO ortalama değerleri sonucunda, üç değişkenin (yapıştırıcı üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı) tüm tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerinin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak NO ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.47’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Sapelli ağaç malzeme NO ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.47. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sapelli ağaç malzemenin NO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üst yüzey Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
PVAc	Kontrol	20,99	d
	Boya	18,59	bcd
	Vernik	15,19	b
D-VTKA	Kontrol	10,62	a
	Boya	18,00	bcd
	Vernik	20,25	cd
FenolFenol	Kontrol	16,88	bc
	Boya	15,57	bcd
	Vernik	18,42	d

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan

vernik ile üst yüzey işlemleri uygulanmış sapelli ağaç malzeme örneklerinin etkileşimlerinde; Tüm tutkalların yangın geciktiricili boya örnekleri, D-VTKA ve Fenol Formaldehit tutkalları ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri ve PVAc tutkalı ile lamine edilen kontrol örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.6. Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

##### 4.3.6.1. Sarıçam Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.48’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49’de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen baca sıcaklığı değerleri (°C).

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	86	78	75,	67	73	74	75	71	82
2*	90	90	81	87	86	81	98	84	88
3*	123	96	88	93	96	87	112	94	97
4*	144	105	95	108	105	94	138	103	101
5*	167	112	101	119	110	101	157	107	103
6*	175	117	107	134	113	105	167	110	105
7*	183	119	111	155	114	107	176	111	106
8*	193	115	114	178	115	108	190	111	106
9	208	112	109	191	110	103	194	104	103
10	219	96	94	212	103	90	208	92	93
11	197	85	87	204	96	81	188	85	84
12	180	79	81	179	88	74	169	80	76
13	166	74	74	167	82	69	148	74	71
14	151	68	70	156	76	63	120	69	66
15	144	65	65	143	70	60	103	64	64
16	132	62	61	131	65	57	93	59	60
17	124	59	59	118	62	54	84	55	57
18	114	57	56	107	58	52	79	53	55
19	100	54	53	89	55	48,	76	50	54
20	85	52	52	68	53	48	75	48	52

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek baca sıcaklığı 219 °C ile PVAc tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 106 °C ile Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.49. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeıyı
Düzeltilmiş Model	612117,753 <sup>f</sup>	179	3419,652	21,183	0,000
Sabit Terim	8431222,862	1	8431222,862	52226,068	0,000
A:Yapıştırıcı	7256,314	2	3628,157	22,474	0,000
B:Üstyüzey işlemi	70615,274 <sup>c</sup>	2	35307,637	218,708	0,000
C: Ölçüm zamanı	487218,008	19	25643,053	158,842	0,000
Etkileşim A*B	11234,698	4	2808,675	17,398	0,000
Etkileşim A*C	9155,673	38	240,939	1,492	0,000
Etkileşim B*C	7145,210 <sup>f</sup>	38	188,032	1,165	0,000
Etkileşim A*B*C	19492,577	76	256,481	1,589	0,000
Hata	145293,355	900	161,437		
Toplam	9188633,970 <sup>c</sup>	1080			
Düzeltilmiş Toplam	757411,108	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş sarıçam ağaç malzemenin yanması sırasında ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri sonucunda, üç değişkenin (yapıştırıcı üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı) tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerinin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak ölçülen baca sıcaklığı ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.50'de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün sarıçam lamine ağaç malzeme baca sıcaklığı ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.50. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün sarıçam lamine ağaç malzemenin baca sıcaklığı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	HomojenlikGrubu
PVAc	Kontrol	149,59	e
	Boya	85,35	ab
	Vernik	82,03	ab
D-VTKA	Kontrol	134,95	d
	Boya	78,35	a
	Vernik	86,97	bc
FenolFenol	Kontrol	132,70	d
	Boya	81,64	ab
	Vernik	81,62	ab

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış sarıçam ağaç malzeme örneklerinin etkileşimlerinde; PVAc ve Fenol formaldehit tutkalları ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri ve D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. PVAc ve Fenol formaldehit tutkalları ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri ve D-VTKA tutkalı ile lamine edilen yangın geciktiricili boya örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemektedir.

#### 4.3.6.2. Doğu Kayını Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.51’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.52’de verilmiştir.

Çizelge 4.51. Doğu Kayını lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen baca sıcaklığı değerleri (°C).

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	73	82	80	79	70	62	89	76	67
2*	96	94	90	103	82	69	125	86	78
3*	121	102	103	129	93	77	140	92	86
4*	148	108	114	157	103	84	156	98	95
5*	166	112	124	180	110	92	166	101	104
6*	177	116	127	191	112	97	177	103	109
7*	189	119	124	198	115	102	186	105	109
8*	191	122	125	201	116	105	198	106	109
9	195	116	119	214	111	101	202	102	105
10	200	101	104	215	99	80	186	91	92
11	189	91	93	216	86	76	175	82	83
12	177	83	84	207	77	71	165	74	75
13	159	79	77	189	71	66	153	68	69
14	148	73	71	175	66	61	144	64	63
15	133	69	67	163	62	57	126	60	59
16	118	66	63	145	58	54	115	57	56
17	107	63	60	129	55	51	105	55	53
18	99	61	57	116	52	49	101	52	50
19	91	59	55	105	50	46	97	50	48
20	84	57	53	94	48	45	86	49	46

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkularla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş 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 216 °C ile D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 105 °C ile D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.52. Doğu kayını lamine 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	826313,209 <sup>f</sup>	179	4616,275	24,103	0,000
Sabit Terim	8994926,914	1	8994926,914	46965,360	0,000
A:Yapıştırıcı	31979,822	2	15989,911	83,488	0,000
B: Üst yüzey işlemi	188868,210 <sup>e</sup>	2	94434,105	493,070	0,000
C: Ölçüm zamanı	575659,725	19	30297,880	158,195	0,000
Etkileşim A*B	7346,469	4	1836,617	9,590	0,000
Etkileşim A*C	4845,646	38	127,517	0,666	0,000
Etkileşim B*C	10675,613 <sup>f</sup>	38	280,937	1,467	0,000
Etkileşim A*B*C	6937,724	76	91,286	0,477	0,000
Hata	172370,321	900	191,523		
Toplam	9993610,445 <sup>e</sup>	1080			
Düzeltilmiş Toplam	998683,530	1079			



Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş doğu kayını ağaç malzemenin yanması sırasında ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri sonucunda, üç değişkenin (yapıştırıcı üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı) tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerinin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak ölçülen baca sıcaklığı ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.53’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Doğu Kayını lamine ağaç malzeme baca sıcaklığı ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.53. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Doğu Kayını lamine ağaç malzemenin baca sıcaklığı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	HomojenlikGrubu
PVAc	Kontrol	143,27	d
	Boya	89,15	c
	Vernik	90,09	c
D-VTKA	Kontrol	160,57	e
	Boya	82,30	b
	Vernik	73,04	a
FenolFenol	Kontrol	145,80	d
	Boya	78,91	ab
	Vernik	78,21	ab

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan vernik ile üst yüzey işlemi uygulanmış doğu kayını ağaç malzeme örneklerinin etkileşimlerinde; PVAc tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. PVAc Fenol formaldehit tutkalları ile lamine edilmiş kontrol örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boyalı ve Fenol Formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. D-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri ve Fenol Formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş yangın

geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

#### 4.3.6.3. Sapelli Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemleri görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.54’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.55’de verilmiştir.

Çizelge 4.54. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülen baca sıcaklığı değerleri (°C).

Zaman	PVAc			D-VTKA			Fenol formaldehit		
	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik	Kontrol	Boya	Vernik
1*	83	84	76	88	73	64	91	77	62
2*	103	96	85	105	82	72	117	87	67
3*	128	104	91	127	93	77	128	94	74
4*	151	113	95	147	102	83	141	100	78
5*	162	119	102	156	109	89	146	106	83
6*	167	124	106	161	113	76	151	109	87
7*	170	125	107	164	113	111	159	111	90
8*	175	126	111	178	114	104	167	112	92
9	180	119	105	182	109	102	176	108	90
10	186	105	88	178	95	87	177	96	83
11	180	99	78	172	85	80	166	86	75
12	169	94	71	163	78	72	152	79	70
13	154	90	65	150	73	67	129	73	64
14	145	87	60	142	69	61	114	68	60
15	126	83	56	125	65	58	98	65	56
16	107	78	53	109	62	54	87	60	53
17	96	73	50	100	60	52	81	59	51
18	88	71	48	93	58	49	78	57	48
19	81	67	46	87	57	47	76	54	46
20	74	65	44	80	55	45	72	5	44

\* Alev kaynaklı yanma

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş sapelli ağaç malzemenin kontrol ve üst yüzey işlemi görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesi sonuçlarına göre; en yüksek baca sıcaklığı 186 °C ile PVAc tutkalı ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 92 °C ile Fenol formaldehit tutkalı ile lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernik örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.55. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
Düzeltilmiş Model	712416,483 <sup>f</sup>	179	3979,980	18,710	0,000
Sabit Terim	8294565,117	1	8294565,117	38992,638	0,000
A:Yapıştırıcı	19374,390	2	9687,195	45,539	0,000
B: Üstyüzey işlemi	199579,653 <sup>c</sup>	2	99789,827	469,111	0,000
C: Ölçüm zamanı	441456,366	19	23234,546	109,225	0,000
Etkileşim A*B	12896,886	4	3224,222	15,157	0,000
Etkileşim A*C	5510,619	38	145,016	0,682	0,000
Etkileşim B*C	12720,894 <sup>f</sup>	38	334,760	1,574	0,000
Etkileşim A*B*C	20877,674	76	274,706	1,291	0,000
Hata	191449,180	900	212,721		
Toplam	9198430,780 <sup>c</sup>	1080			
Düzeltilmiş Toplam	903865,663	1079			

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilmiş sapelli ağaç malzemenin yanması sırasında ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri sonucunda, üç değişkenin (yapıştırıcı üst yüzey işlemi ve ölçüm zamanı) tekli, ikili ve üçlü etkileşimlerinin tamamı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Yapıştırıcı türüne ve üst yüzey işlem türüne bağlı olarak ölçülen baca sıcaklığı ortalama değer değişimlerinin anlamlı olduğunu saptamak için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.56’de verilmektedir. Çizelgede verilen değerler, ölçüm zamanını genel olarak değerlendirirken, yapıştırıcı türünün ve üst yüzey işlem türünün Sapelli lamine ağaç malzeme baca sıcaklığı ortalama değerler üzerindeki değişimlerini göstermektedir.

Çizelge 4.56. Yapıştırıcı türünün ve üst yüzey türünün Sapelli lamine ağaç malzemenin baca sıcaklığı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Yapıştırıcı Türü	Üstyüzey Türü	Ortalama	HomojenlikGrubu
PVAc	Kontrol	136,85	e
	Boya	96,93	c
	Vernik	78,97	ab
D-VTKA	Kontrol	135,43	e
	Boya	83,77	b
	Vernik	72,92	a
FenolFenol	Kontrol	125,49	d
	Boya	80,11	ab
	Vernik	69,24	a

Yapıştırıcı ve üst yüzey işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktiricili boya, ve nano partiküllü polyüretan

vernük ile üst yüzey işleme uygulanmış doğu kayını ağaç malzeme örneklerinin etkileşimlerinde; PVAc ve D-VTKA ile lamine edilmiş kontrol örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Tüm tutkallarla lamine edilmiş nano partiküllü polyüretan vernük örneklerinde istatistiksel olarak fark görülmemiştir. D-VTKA ve Fenol formaldehit tutkallı ile lamine edilen yangın geciktiricili boya örnekleri ve PVAc tutkalı ile lamine edilen nano partiküllü polyüretan vernük örnekleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

## 4.4. ISI İLETKENLİĞİ DEĞERLERİ

### 4.4.1. Sarıçam Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Isı İletkenliği Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernikle üst yüzey işlemi görmüş örneklerine uygulanan ısı iletkenliği deneyine ilişkin istatistiksel bilgiler çizelge 4.57’de ve çoklu varyans analizi de çizelge 4.58’de verilmektedir.

Çizelge 4.57. Sarıçam lamine ağaç malzemesi örneklerine ait ısı iletkenliğine ilişkin istatistiksel sonuçlar (Kcal/mh°C).

Tutkal	Vernik	Boya	Kontrol
PVAc	0,1299	0,1338	0,1268
D-VTKA	0,1268	0,1331	0,1242
Fenol formaldehit	0,1349	0,1366	0,1275

Farklı tutkallarla (Pva, Dvtka ve Fenol Formaldehit) lamine edilen Sarıçam ağaç malzemesine üst yüzey malzemesi olarak yangın geciktiricili boya ve Nano partiküllü polyüretan vernik uygulanmıştır. Üst yüzey işlemi uygulanan ve uygulanmayan örneklere yapılan deneyler sonucunda en yüksek değer 0,1366 (Kcal/mh°C) ile Fenol formaldehit ile lamine edilmiş yangın geciktiricili boya örneklerinde bulunurken, en düşük değer 0,1242 (Kcal/mh°C) ile D-VTKA ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.58. Sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerindeki ısı iletkenliği ortalama değerlerinin çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
Düzeltilmiş Model	0,002*	8	0,000	3,773	0,001
Sabit Terim	2,708	1	2,708	41070,392	0,000
A:Yapıştırıcı	0,000	2	0,000	2,144	0,124
B: Üst yüzey işlemi	0,001	2	0,001	9,539	0,000
Etkileşim A*B	0,000	4	0,000	1,705	0,157
Hata	0,005	81	6,593E-005		
Toplam	2,715	90			
Düzeltilmiş Toplam	0,007	89			

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre, Yapıştırıcının tek olarak ele alındığı ve üst yüzey işlemi ile yapıştırıcının ikili etkileşimi sonucunda bulunan değerlerin ısı iletkenliği üzerinde ki etkileri anlamsız bulunmuştur. Üst yüzey işleminin tek başına işleme sokulduğunda bulunan değer ise istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.59. Sarıçam ağaç malzeme gruplarının ısı iletkenliklerine ait % 95 güven aralığındaki Duncan testi sonuçları.

Faktör (üstyüzey türü)	Ortalama	HomojenlikGrubu
Kontrol	0,1262	a
Boya	0,1344	b
Vernik	0,1304	ab

Üstyüzey türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktrici boya ve nano partiküllü polyüretan vernik uygulanan örneklerde sarıçam lamine ağaç malzemelerin ısı iletkenliğinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. İstatistiksel olarak en yüksek değer, yangın geciktrici boya uygulanan sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerde bulunmuştur.

#### 4.4.2. Doğu Kayını Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Isı iletkenliği Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Doğu Kayını ağaç malzemenin kontrol ve yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernikle üst yüzey işlemi görmüş örneklerine uygulanan ısı iletkenliği deneyine ilişkin istatistiksel bilgiler çizelge 4.60'de ve çoklu varyans analizi de çizelge 4.61'de verilmektedir.

Çizelge 4.60. Doğu Kayını lamine ağaç malzemesi örneklerine ait ısı iletkenliğine ilişkin istatistiksel sonuçlar (Kcal/mh°C).

	Vernik	Boya	Kontrol
PVAc	0,1661	0,1688	0,1596
DVTKA	0,1611	0,1640	0,1511
Fenol formaldehit	0,1690	0,1735	0,1618

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Doğu Kayını ağaç malzemesine üst yüzey malzemesi olarak yangın geciktiricili boya ve Nano partiküllü polyüretan vernik uygulanmıştır. Üst yüzey işlemi uygulanan ve

uygulanmayan örneklere yapılan deneyler sonucunda en yüksek değer 0,1735 (Kcal/mh°C) ile Fenol formaldehit ile lamine edilmiş yangın geciktrici boya örneklerinde bulunurken en düşük değer 0,1511 (Kcal/mh°C) ile Dvтка ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.61. Doğru kayını lamine ağaç malzeme örneklerindeki ısı iletkenliği ortalama değerlerinin çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeiyi
Düzeltilmiş Model	0,006 <sup>a</sup>	8	0,001	6,306	0,000
Sabit Terim	3,814	1	3,814	31886,074	0,000
A:Yapıştırıcı	0,001	2	0,000	3,806	0,026
B: Üst yüzey işlemi	0,001	2	0,001	5,102	0,008
Etkileşim A*B	0,004	4	0,001	8,089	0,000
Hata	0,010	81	0,000		
Toplam	3,869	90			
Düzeltilmiş Toplam	0,016	89			

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre, Yapıştırıcının ve üst yüzey işleminin tek tek ele alındığında bulunan değerlerin ısı iletkenliği üzerinde ki etkileri anlamsız bulunmuştur. Üst yüzey işlemi ve yapıştırıcının aynı anda işleme alındığı ikili etkileşimi sonucunda bulunan değerler ise istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.62. Doğru kayını lamine ağaç malzeme gruplarının ısı iletkenliklerine ait %95 güven aralığındaki Duncan testi sonuçları.

Faktör (üstyüzey türü)	Ortalama	HomojenlikGrubu
Kontrol	0,1574	a
Boya	0,1687	c
Vernik	0,1654	b

Üstyüzey türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, yangın geciktrici boya uygulanan ve nano partiküllü polyüretan vernik uygulanan örneklerde sarıçam lamine ağaç malzemelerin ısı iletkenliğinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. İstatistiksel olarak en yüksek değer, yangın geciktrici boya uygulanan doğru kayını lamine ağaç malzeme örneklerde bulunmuştur.

#### 4.4.3. Sapelli Lamine Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Isı İletkenliği Değerleri

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernikle üst yüzey işlemi görmüş örneklerine uygulanan ısı iletkenliği deneyine ilişkin istatistiksel bilgiler çizelge 4.63’de ve çoklu varyans analizi de çizelge 4.64’de verilmektedir.

Çizelge 4.63. Sapelli lamine ağaç malzemesi ısı iletkenliklerine ilişkin istatistiksel sonuçlar (Kcal/mh°C).

	Vernik	Boya	Kontrol
Pvac	0,1698	0,1719	0,1622
DVTKA	0,1665	0,1716	0,1606
Fenol	0,1749	0,1773	0,1651

Farklı tutkallarla (PVAc, D-VTKA ve Fenol formaldehit) lamine edilen Sapelli ağaç malzemesine üst yüzey malzemesi olarak yangın geciktiricili boya ve nano partiküllü polyüretan vernik uygulanmıştır. Üst yüzey işlemi uygulanan ve uygulanmayan örneklere yapılan ısı iletkenliği deneyleri sonucunda en yüksek değer 0,1773 (Kcal/mh°C) ile Fenol formaldehit ile lamine edilmiş yangın geciktrici boya örneklerinde bulunurken en düşük değer 0,1656 (Kcal/mh°C) ile Dvtka ile lamine edilmiş kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.64. Sapelli lamine ağaç malzeme örneklerindeki ısı iletkenliği ortalama değerlerinin çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	KarelerToplamı	SerbestlikDerecesi	OrtalamaKareler	F Hesap	AnlamDüzeyi
Düzeltilmiş Model	0,006a	8	0,001	6,780	0,000
Sabit Terim	4,508	1	4,508	43908,252	0,000
A:Yapıştırıcı	0,000	2	0,000	1,093	0,340
B: Üst yüzey işlemi	0,002	2	0,001	10,538	0,000
Etkileşim A*B	0,003	4	0,001	7,744	0,000
Hata	0,008	81	0,000		
Toplam	4,522	90			
Düzeltilmiş Toplam	0,014	89			

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre, Üst yüzey işleminin tek başına ele alındığında bulunan değerler ve Üst yüzey işlemi ile yapıştırıcının aynı anda işleme alındığı ikili etkileşimi sonucunda bulunan değerler istatistiki olarak anlamlı



bulunken, yapıştırıcını tek başına işleme sokulduğunda bulunan değer istatistiki olarak anlamsız bulunmuştur.

Çizelge 3.65. Sapelli lamine ağaç malzeme gruplarının ısı iletkenliklerine ait % 95 güven aralığındaki Duncan testi sonuçları.

Faktör (üstyüzey türü)	Ortalama	Homojenlik Grubu
Kontrol	0,1626	a
Boya	0,1737	b
Vernik	0,1703	b

Üst yüzey türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; yangın geciktrici boya uygulanan ve nano partiküllü polyüretan vernik uygulanan örneklerde sarıçam lamine ağaç malzemelerin ısı iletkenliğinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. İstatistiksel olarak en yüksek değer, yangın geciktiri boya uygulanan sapelli lamine ağaç malzeme örneklerde bulunmuştur.

## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 5.1. SONUÇLAR

Deneyleerde kullanılan ağaç malzemelerin yapılan tam kuru ve hava kurusu yoğunluk ölçümlerinde en yüksek yoğunluk doğu kayını ağaç malzemedede, daha sonra da sapelli ağaç malzemedede ölçülmüştür. En düşük tam kuru ve hava kurusu yoğunluk değeri ise sarıçam 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 yüksek katman kalınlığı yangın geciktiricili boyalı sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinde, en düşük katman kalınlığı ise nano partiküllü polyüretan vernikli sarıçam lamine ağaç malzeme örneklerinde ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde genel olarak boya katman kalınlıklarının vernik katman kalınlıklarına göre yaklaşık % 7 daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Sarıçam lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; en fazla ağırlık kayıpları üç farklı yapıştırıcıda da kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en düşük ağırlık kaybı değerleri verirken PVAc ise en yüksek ağırlık kaybı değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre fenol formaldehit tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %80 ve nano partiküllü polyüretan vernik %77 daha az ağırlık kaybetmiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %74 ve nano partiküllü polyüretan vernik %72 daha az ağırlık kaybetmiştir. PVAc tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine.

ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %71 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %69 daha az ağırlık kaybetmiştir.

Doğu kayını lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; en fazla ağırlık kayıpları üç farklı yapıştırıcıda da kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en düşük ağırlık kaybı değerleri verirken PVAc ise en yüksek ağırlık kaybı değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre fenol formaldehit tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %83 ve nano partiküllü polyüretan vernik %69 daha az ağırlık kaybetmiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %74 ve nano partiküllü polyüretan vernik %71 daha az ağırlık kaybetmiştir. PVAc tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %73 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %68 daha az ağırlık kaybetmiştir.

Sapelli lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; en fazla ağırlık kayıpları üç farklı yapıştırıcıda da kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en düşük ağırlık kaybı değerleri verirken PVAc ise en yüksek ağırlık kaybı değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre fenol formaldehit tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %85 ve nano partiküllü polyüretan vernik %79 daha az ağırlık kaybetmiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %77 ve nano partiküllü polyüretan vernik %76 daha az ağırlık kaybetmiştir. PVAc tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %78 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %77 daha az ağırlık kaybetmiştir.

Sarıçam lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en düşük üst sıcaklık değerleri verirken PVAc ise en yüksek üst sıcaklık değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre fenol formaldehit tutkalı kullanılan örneklerde

yangın geciktirici boya %59 ve nano partiküllü polyüretan vernik %64 daha az üst sıcaklık değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %64 ve nano partiküllü polyüretan vernik %66 daha az üst sıcaklık değeri vermiştir. PVAc tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %62 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %64 daha az üst sıcaklık değeri vermiştir.

Doğu kayını lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en düşük üst sıcaklık değerleri verirken PVAc ise en yüksek üst sıcaklık değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre fenol formaldehit tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %58 ve nano partiküllü polyüretan vernik %59 daha az üst sıcaklık değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %70 ve nano partiküllü polyüretan vernik %74 daha az üst sıcaklık değeri vermiştir. PVAc tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %67 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %68 daha az üst sıcaklık değeri vermiştir.

Sapelli lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en düşük üst sıcaklık değerleri verirken PVAc ise en yüksek üst sıcaklık değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre fenol formaldehit tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %47 ve nano partiküllü polyüretan vernik %58 daha az üst sıcaklık değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %62 ve nano partiküllü polyüretan vernik %67 daha az üst sıcaklık değeri vermiştir. PVAc tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %61 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %70 daha az üst sıcaklık değeri vermiştir.

Sarıçam lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen %O<sub>2</sub> değerleri incelendiğinde; en düşük %O<sub>2</sub> değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol

örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en yüksek %O<sub>2</sub> değerleri verirken PVAc ise en düşük %O<sub>2</sub> değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %10 ve nano partiküllü polyüretan vernik %11 daha yüksek %O<sub>2</sub> değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %15 ve nano partiküllü polyüretan vernik %13 daha yüksek %O<sub>2</sub> değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %10 daha yüksek %O<sub>2</sub> değeri vermiştir.

Doğu kayını lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen %O<sub>2</sub> değerleri incelendiğinde; en düşük %O<sub>2</sub> değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en yüksek %O<sub>2</sub> değerleri verirken PVAc ise en düşük %O<sub>2</sub> değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya ve nano partiküllü polyüretan vernik %11 daha yüksek %O<sub>2</sub> değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %5 ve nano partiküllü polyüretan vernik %11 daha yüksek %O<sub>2</sub> değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %10 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %6 daha yüksek %O<sub>2</sub> değeri vermiştir.

Sapelli lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen %O<sub>2</sub> değerleri incelendiğinde; en düşük %O<sub>2</sub> değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit ve PVAc en yüksek %O<sub>2</sub> değerleri verirken D-VTKA ise en düşük %O<sub>2</sub> değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %10 ve nano partiküllü polyüretan vernik %14 daha yüksek %O<sub>2</sub> değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %11 ve nano partiküllü polyüretan vernik %14 daha yüksek %O<sub>2</sub> değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %10 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %14 daha yüksek %O<sub>2</sub> değeri vermiştir.

Sarıçam lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Yapıştırıcılar incelendiğinde PVAc en yüksek CO değerleri verirken fenol formaldehit ise en düşük CO değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %25 ve nano partiküllü polyüretan vernik %11 daha düşük CO değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %49 ve nano partiküllü polyüretan vernik %38 daha düşük CO değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %49 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %43 daha düşük CO değeri vermiştir.

Doğu kayını lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Yapıştırıcılar incelendiğinde PVAc en yüksek CO değerleri verirken D-VTKA ise en düşük CO değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %34 ve nano partiküllü polyüretan vernik %27 daha düşük CO değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %21 ve nano partiküllü polyüretan vernik %25 daha düşük CO değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %64 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %27 daha düşük CO değeri vermiştir.

Sapelli lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Yapıştırıcılar incelendiğinde PVAc en yüksek CO değerleri verirken D-VTKA ise en düşük CO değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %29 ve nano partiküllü polyüretan vernik %25 daha düşük CO değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %13 ve nano partiküllü polyüretan vernik %30 daha düşük CO değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol

grubuna göre yangın geciktirici boyalı %34 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %38 daha düşük CO değeri vermiştir.

Sarıçam lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Yapıştırıcılar incelendiğinde PVAc en yüksek NO değerleri verirken fenol formaldehit ise en düşük NO değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %55 ve nano partiküllü polyüretan vernik %159 daha yüksek NO değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %74 ve nano partiküllü polyüretan vernik %100 daha yüksek NO değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %18 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %68 daha yüksek CO değeri vermiştir.

Doğu kayını lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Yapıştırıcılar incelendiğinde PVAc en yüksek NO değerleri verirken fenol formaldehit ise en düşük NO değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %23 ve nano partiküllü polyüretan vernik %100 daha yüksek NO değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %39 ve nano partiküllü polyüretan vernik %78 daha yüksek NO değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %48 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %129 daha yüksek CO değeri vermiştir.

Sapelli lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Yapıştırıcılar incelendiğinde PVAc en yüksek NO değerleri verirken fenol formaldehit ise en düşük NO değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %13 ve nano partiküllü polyüretan vernik %16 daha yüksek NO değeri vermiştir. Yine

kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %12 ve nano partiküllü polyüretan vernik %18 daha yüksek NO değeri değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %7 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %17 daha yüksek CO değeri vermiştir.

Sarıçam lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en düşük baca sıcaklığı değerleri verirken PVAc ise en yüksek baca sıcaklığı değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre fenol formaldehit tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %47 ve nano partiküllü polyüretan vernik %49 daha az baca sıcaklığı değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %46 ve nano partiküllü polyüretan vernik %49 daha az baca sıcaklığı değeri vermiştir. PVAc tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %46 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %48 daha az baca sıcaklığı değeri vermiştir.

Doğu kayını lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en düşük baca sıcaklığı değerleri verirken PVAc ise en yüksek baca sıcaklığı değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre fenol formaldehit tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %48 ve nano partiküllü polyüretan vernik %46 daha az baca sıcaklığı değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %46 ve nano partiküllü polyüretan vernik %51 daha az baca sıcaklığı değeri vermiştir. PVAc tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %39 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %38 daha az baca sıcaklığı değeri vermiştir.



Sapelli lamine ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde fenol formaldehit en düşük baca sıcaklığı değerleri verirken PVAc ise en yüksek baca sıcaklığı değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre fenol formaldehit tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %37 ve nano partiküllü polyüretan vernik %48 daha az baca sıcaklığı değeri vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %37 ve nano partiküllü polyüretan vernik %39 daha az baca sıcaklığı değeri vermiştir. PVAc tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %32 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %40 daha az baca sıcaklığı değeri vermiştir.

Sarıçam lamine ağaç malzemenin ısı iletkenlik katsayısı değerleri incelendiğinde; en düşük ısı iletkenlik katsayısı tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde D-VTKA en düşük ısı iletkenlik katsayısı değerleri verirken Fenol formaldehit ise en yüksek ısı iletkenlik katsayısı değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %2,4 ve nano partiküllü polyüretan vernik %5,5 daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %2,1 ve nano partiküllü polyüretan vernik %7,2 daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %5,8 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %7,1 daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri vermiştir.

Doğu kayını lamine ağaç malzemenin ısı iletkenlik katsayısı değerleri incelendiğinde; en düşük ısı iletkenlik katsayısı tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde D-VTKA en düşük ısı iletkenlik katsayısı değerleri verirken Fenol formaldehit ise en yüksek ısı iletkenlik katsayısı değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %4,1 ve nano partiküllü polyüretan vernik %5,8 daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-

VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %6,6 ve nano partiküllü polyüretan vernik %8,5 daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %4,5 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %7,2 daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri vermiştir.

Sapelli lamine ağaç malzemenin ısı iletkenlik katsayısı değerleri incelendiğinde; en düşük ısı iletkenlik katsayısı tüm yapıştırıcılarda kontrol örneklerinde bulunmuştur. Yapıştırıcılar incelendiğinde D-VTKA en düşük ısı iletkenlik katsayısı değerleri verirken Fenol formaldehit ise en yüksek ısı iletkenlik katsayısı değerlerini vermiştir. Kontrol örneklerine göre PVAc tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %4,7 ve nano partiküllü polyüretan vernik %6 daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı vermiştir. Yine kontrol örneklerine göre D-VTKA tutkalı kullanılan örneklerde yangın geciktirici boya %3,7 ve nano partiküllü polyüretan vernik %6,8 daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri vermiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile elde edilen sarıçam lamine ağaç malzemelerde ise kontrol grubuna göre yangın geciktirici boyalı %5,9 ve nano partiküllü polyüretan vernikli örnekler %7,4 daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri vermiştir.

Yanma deneylerinin sonuçları genel olarak ele alındığında alttaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Farklı tutkalarla elde edilmiş lamine ağaç malzemelerde yangın geciktirici özellikli üstyüzey malzemelerinin yanmayı önemli oranda geciktirdiği gözlemlenmiştir. Yangın geciktirici üst yüzey işlemleriyle yapılan çalışmalara paralel sonuçlar elde edilmiştir.
2. Çalışma da kullanılan lamine ağaç malzemeler arasında Sapelli hem yangın geciktirici boya uygulamasında hem de nano partiküllü polyüretan vernik uygulamasında en iyi sonuçları vermiştir. Bunun sebebinin sapelli lamine ağaç malzeme örneklerinin vernik katman kalınlığı olduğunu düşünülmektedir.
3. Yanma sonunda yangın geciktirici boya, kullanılan üç farklı lamine ağaç malzeme de ağırlık kaybının en az olduğu üst yüzey malzemesi olarak gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin yangın geciktiricinin boyanın nano

partiküllü polyüretan vernikten daha hızlı köpük katmanı oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4. Üst sıcaklık ve baca sıcaklığı değerleri en düşük üstyüzey malzemelerinde nano partiküllü polyüretan vernikli lamine ağaç malzeme örneklerinde, yapıştırıcılarda ise fenol formaldehit kullanılan lamine ağaç malzemelerde gözlemlenmiştir.
5. CO değerleri incelendiğinde kontrol lamine ağaç malzemelerinden daha fazla gaz salınımı yaptığı gözlemlenmiştir.
6. . NO değerleri incelendiğinde nano partiküllü polyüretan vernikli lamine ağaç malzemelerin daha fazla gaz salınımı yaptığı gözlemlenmiştir.
7. En yüksek O<sub>2</sub> değerleri (en az O<sub>2</sub> kaybı) nano partiküllü polyüretan vernikli lamine ağaç malzeme örneklerinde gözlemlenmiştir.
8. Isı iletkenlik katsayıları incelendiğinde Sarıçam lamine ağaç malzeme en düşük sonuçları vermiştir. Bunun sebebinin sarıçam ağaç malzemenin yoğunluk düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
9. Isı iletkenlik katsayı değerlerinin yanma sonuçları ile karşılaştırıldığında fenol formaldehitli örnekler en yüksek ısı iletkenliklerini verirken yanma sonuçlarında en düşük değerleri vermiştir. Aynı şekilde yangın geciktirici boyalı örnekler en yüksek ısı iletkenliklerini verirken yanma sonuçlarında en düşük değerleri vermiştir.

## 5.2. ÖNERİLER

Bundan sonraki yapılacak akademik çalışmalarda;

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. Daha farklı ağaç malzemelere veya farklı kompozit malzemelere yangın geciktiricili üst yüzey malzemeleri uygulanarak farkın tespit edilmesi önerilir.

## KAYNAKLAR

Aksoy, E., “Renk açıcı kimyasal maddelerin bazı ağaç malzeme ve verniklerin yanma özelliklerine etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2010).

Anderson, E. L., et all, “Infrared studies of wood weathering”, **Applied Spectroscopy**, (45): 641-647 (1991).

Anşin, R. ve Özkan, Z. C., “Tohumlu Bitkiler (*Spermatophyta*) Odunsu Taksonlar”, **KTÜ Orman Fakültesi Yayınları**, Trabzon, 512-513 (1993).

Aslan, S., “Ağaç Dendrolojisi ve Odun Anatomisi”, Mesleki Teknoloji Yüksek Okulu, **Hacettepe Üniversitesi**, Ankara, 81-104 (1994).

Aslan S., “Ağaç zararlıları koruma ve emprenye teknikleri” **Kosgeb Yayınları**, Ankara, 246-272 (1998).

ASTM E 69 Standard test method for combustible properties of treated wood by the fire tube apparatus, **ASTM**, New York, (2007).

Ata Kuş, A. H., “Farklı konstrüksiyonlu ahşap kapıların yanmaya karşı tespiti”, , Yüksek Lisans Tezi, **Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2003).

Aydın, U., “Yapı Elemanlarının Yangına Dayanıklılık Testleri”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 5-35 (1994).

Ayrılmış, N., “Çeşitli kimyasalların bazı ahşap levha ürünlerinde yanma ve teknolojik özellikler üzerine etkisi”, Doktora Tezi, **İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2006).

Aytaşkın, A., “Çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilmiş ağaç malzemelerin bazı teknolojik özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, (2009).

Baltacı, S., “Bazı odunların çivi ve vida tutma direnci üzerine ısı işlem uygulamasının etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kastamonu, (2010).

Baysal, E., ve Yalınkılıç, M.K., “Comparative study on stability and decay resistance of some environmentally-friendly fire retardant boron compounds”, *Wood Science and Technology*, 39 (5): 169-186 (2005).

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).

Baysal, E., “Çeşitli borlu ve wr bileşiklerinin kızılçam odunun bazı fiziksel özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 42-44 (1994).

Becerem, R., Bursa Mimarlar Odası Yayınları, *Mimaride Ahsap, Güney Marmara Mimarlık Dergisi*, Bursa, (2000).

Bostrom, L. A., “Effects On The Fire Resistance Of Building Structure”, *SP Swedish National Testing Research Institute, Brendforsk Project*, (29): 47 (2002).

Bozkurt, Y., ve Göker, Y., “Orman ürünlerinden faydalanma”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 284-297 (1981).

Bozkurt, Y., ve Göker, Y., “Ağaç Malzemenin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi yayını*, İstanbul, 388 (1987).

Bozkurt, Y., ve Erdin, N., “Ticarette önemli yabancı ağaçlar”, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları*, İstanbul, 26-28 (1989).

Bozkurt, A.Y., Erdin, N., “Ağaç teknolojisi”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*, İstanbul, 372 (1997).

Bozkurt, Y., ve Erdin, N., “Odun Anatomisi”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 23-35 (2000).

Cullis, C. F., “Hirschler M M The Combustion of Organic Polymers”, *Clarendon Pres-Oxford, The City University-London*, London, (1981).

DIN, 1052 Structural Use of Timber (Design and Construction), Longitudinal Joints: 12/3, Deutsche Norm, Berlin, Germany, (1988).

DIN, 68140, Finger Joints in Wood, Part 1: Finger-Jointed Structural Timber, Deutsche Norm, Berlin, Germany, (1998).

Dilik, T., “Lamine Ağaç Malzemenin Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1997).

Drysdale, D., “An introduction to fire dynamics”, 2nd ed., *John Wiley & Sons Ltd.*, England, (1999).

Duman, N., “Tutkallı ahşap yapılar”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yenilik Basımevi*, (1964).

Eriç, M., “Yapılarda yangının malzemeye etkisi”, *Birinci Yangın Ulusal Kurultayı Bildirileri*, Ankara, 290-314 (1985).

Ertekin, S., “Farklı üst yüzey malzemeleri ile kaplanan ağaç malzemelerin yanma özelliklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2013).

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).

Feist, W. C., In “Structural use of wood in adverse environments”, *Van Nostrand Reinhold Co*, New York, 78-156 (1982).

Frihart, C.R., “Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites”, *Forest Service Forest Products Laboratory*, Madison, 215-259 (2005).

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*, U.S.A., 1439-1440 (2001).

Godman, J., “Load and resistance factor design for engineered wood construction. Structural wood composites new technologies for expanding market”, Proceedings 47359, *WI : Forest Products Research Society*, Madison (1988).

Göker, Y., ve Ayrılmış, N., “Yangında odun ve odun esaslı ürünlerin performans karakteristikleri ve termal degradesyonu”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 54 (2): 1-22 (2003).

Hafızoğlu, H., “Orman yan ürünleri kimyası”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, 32-40 (1994).

İnternet: *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>, (2014).

İnternet: Gentaş kimyasal, “çalışmada kullanılan fenol f. tutkalı üretici firma”, <http://www.gentaskimya.com/TR,30/alfen-48.html>, (2014).

İnternet: Ecelak Boya Kimya Ltd. Şti., “Antiinflam Sistem Bilgileri”, <http://www.ecelak.com/files/ECELAk%20ANTIFLAM%20SISTEM%20BILGILERI.pdf>, (2014).

İnternet: Legayapi, “Yanmanın oluşması için gerekli şartların oluşumu (yangın üçgeni”, <http://www.legayapi.com/uploads/images/blog/yanma-ucgeni.jpg>, (2015).

İnternet: Afyon Kocatepe Üniversitesi, “Isı yayılımı ve Isı transfer mekanizmaları”, [www2.aku.edu.tr/hiti/dersler/bahar/ısı transferi.pdf](http://www2.aku.edu.tr/hiti/dersler/bahar/ısı%20transferi.pdf), Afyon, (2015).

İnternet: Abdurrahman ince resmi sayfa, “yangın üçgeni görseli”, [http://www.abdurrahmanince.netislem=yangin\\_tahkikati](http://www.abdurrahmanince.netislem=yangin_tahkikati), (2015).

İnternet: Akfix, “Akkim yapı kimyasalları A.Ş. Üretici firma”, [http://www.akfix.com/assets/Documnts/D3\\_TDS\\_TR\\_20140328\\_101804.pdf](http://www.akfix.com/assets/Documnts/D3_TDS_TR_20140328_101804.pdf), İstanbul, (2014).

İnternet: “Alfamob PVAc ve D-VTKA tutkalları ve tezde kullanılan ürün özellik tabloları temin edildi”, <http://alfamob.com/urunler/32-d4-suya-dayanikli-tutkal.html>, (2014).

Kantay, R., “Pratikte Uygulanan Kurutma Yöntemleri”, *Orman Ürünleri Kurutma Seminerleri*, İstanbul, 1-3, 17-19 (1987).

Kordina, K., and Meyer, O. C., “Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen”, *Entwicklungsgemeinschaft Holz*, Dusseldorf, 113-118 (1977).

Köse, L., “Çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilen lamine ağaç malzemelerin yanma mukavemetinin araştırılması”, Doktora Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, (2008).

Kurt, Ş., ve Uysal, B., “Combustion Properties of Oak (Quercus robur L.) Laminated Veneer Lumbers Bonded With PVAc,PF Adhesives and Impregnated With Some Fire-Retardants”, *Composite Interfaces* 16, 175–190 (2009).

Kurt, Ş., “Emprenye edilmiş lamine ağaç malzemelerin (LVL) deniz ortamında bazı teknolojik özelliklerinin değişimi”, Doktora Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2006).

Kurtoğlu, A., “Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemedeki rutubet değişimi nedeniyle gerilmelerin oluşumu”, *İstanbul üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (29): 2 (1979).

Kyoto, Electronics, “ısı iletkenliği ölçüm cihazı”, *Thermal Conductivity Meter QTM-500*, Instruction Manual Kem (2001).

Kyoto, Electronics, “ısı iletkenliği ölçüm cihazı”, *Thermal Conductivity Meters Kem Kyoto Electronics* Kyoto-Electronics Manufacturing Co. LTD, Tokyo (1991).

Leao, A. L., “Treatment Variations For Production Of Fire Retardant Flakeboards”, *University Of Wisconsin-Madison*, USA, 30-89 (1993).

Levan, S. L., "Thermal degradation", Concise encyclopedia of wood & wood based materials, *Pergamon Press*, New York, 271-273 (1989).

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

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

Malkoçoğlu, A., "Doğu kayını odununun teknolojik özellikleri", Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 139-140 (1994).

Merev, N., "Odun anatomisi ve odun tanıtımı", *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, (2003).

Moody, R. C., and Hernandez, R., "Glue laminated timber. Engineered wood products: a guide for specifiers designers and users", *WI: PFS Research Foundation*, Madison, (1997).

Newel, A. C., and Holtrop, W. F., "Coloring finishing and painting wood", *C.A. Bennett CO*, U.S.A., 78-83 (1961).

Okçu, O., "Emprenye edilmiş lamine ağaç malzemenin yapışma ve yanma özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 89-93 (2006).

Ozaki S. K., "Effect of Furfuryl Alcohol Combined with Boron Compounds Treated Wood", *M.D. University of Sao Paulo*, Sao Carlos, 56-57 (1999).

Örs, Y., ve Keskin, H., "Ağaç malzeme bilgisi", *Atlas Yayın Dağıtım*, İstanbul, 87-102, 157, 159-161 (2001).

Örs, Y., Atar, M., "Sapsız meşe (*Quercus petraea* spp.) odununda emprenye etme ve renk açma işleminin vernik katman sertliğine etkileri", *Politeknik Dergisi*, Ankara, (2000).

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., "Farklı Ağaç Malzemelerden Üretilen Emprenyeli Lamine Ağaç Malzemelerin Isı İletkenliklerinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, 15-17, 22, 24, 35-38 (2007).

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).



Özçifçi, A., “Emprenye edilmiş lamine ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri”, Doktora Tezi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2001).

Özçifçi, A., “Lamine kızılçam ağaç malzemenin emprenye sonrası yanma özellikleri”, *Teknoloji Dergisi*, (7): 1-10 (2004).

Özçifçi, A., Okçu, O., “Impact Of Some Chemicals On Combustion Properties Of Impregnated Laminated Veneer Lumber (LVL)”, *Journal Of Materials Processing Technology*, (199): 1-9 (2008).

Özen, R., Özçifçi, A., Uysal, B., “Emprenyeli sarıçam (Pinus sylvestris L.) odunundan üretilen lamine ağaç malzemelerin yanma özellikleri”, *Wood as a Building Material; It's Benefits and Disadvantages*, (2000).

Pehlivan, S., “Sarıçam (Pinus Sylvestris L.) ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, (2010).

Pızzi, A., “Advanced Wood Adhesives Technology”, *Prs. Marcel Dekker*, NewYork, (235): 10-120 (1994).

Polisan, “D-VTKA tutkalına ait teknik özellikler ve tutkal polisan A.Ş. den temin edilmiştir”, *tutkal ve boya üretici firma*, Kocaeli, (2014).

Reh, R., The Fire Performance of Wood Based Panel Products. Ph.D. Thesis, (1992).

Rickter, H. G., and Schwab, E., “Holzarten fur den Fensterbau Glas und Rahmen”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, (7): 586-598 (1992).

Roberts, A. F., “Problems associated with the theoretical analysis of the burning of wood”, 13 th Symposium on Cumbustion, *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*, Sydney, 11-18 (2004).

Russell, L. J., Marney, D.C.O., Humphrey, D. G., Hunt, A. C., Dowling, V. P., Cookson L. J., “Combining fire retardant and preservative systems for timber products in exposed applications-state of the art review”, *F.W.P.R.D.C. Project no: PN04.2007, Australia*, 10-12 (2007).

Seferoğlu D., “Üstyüzey işlemlerinin ağaç malzemenin yanma direncine etkilerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, (2008).

- 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).
- Sönmez, A., ve Budakçı, M., “Ağaçlarında Üst Yüzey İşlemleri”, **Sevgi Ofset**, Ankara, 1: 61-64 (2004).
- Sönmez, A., “ağaç işlerinde Üst yüzey işlemleri II”, **Sevgi ofset**, Ankara, 1:1-10 (2005).
- Stamm, A. S., “Wood and Coating”, **Wood and Cellulose Science**, (120):45-47 (1978).
- 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).
- Terzi, E., “Amonyum bileşikleri ile emprenye edilen ağaç malzemenin yanma özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, **İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 106-107 (2008).
- Uysal, B., Kurt, Ş., Seferoğlu, D., ve Özcan, C., “Combustion Properties Of Scotch Pine Of Finishing Processed”, **Teknoloji**, 11 (4): 305-313 (2008).
- Uysal, B., Özçifçi, A. ve Yılmaz, S., “Farklı ağaç türlerinin yanma özellikleri”, **Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 14 (1): 79-87 (2002).
- Uysal, B., “Çeşitli kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığı üzerine etkileri”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 65-77 (1997).
- Uysal, B., Kurt, Ş., “Bazı kimyasallarla emprenye edilmiş ve PF ve PVAc tutkalı ile yapıştırılan lamine ağaç malzemelerin yanma özellikleri”, **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, 7 (1): 112-126 (2006).
- Uysal, B., ve Özçifçi, 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).
- Ülker, O., “Bazı mineral lifler kullanılarak yonga levhaların yanma dayanımının artırılması”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2013).
- Var, A. A., “Emprenye edilmiş yongalardan üretilen yonga levhaların bazı teknolojik özellikleri”, Doktora Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon, 242-243 (2000).

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

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 Fak.*, Trabzon, 98-103 (1993).

Yalınkılıç, F., ve Efe, A., "Dendroloji ders kitabı, Gymnospermae-Angiospermae", *İstanbul Üniversitesi Yayınları*, No: 3836, İstanbul, 93-96 (1994).

Yesügey, S. C., "Tutkallı tabakalı ahşap strüktürlerin malzeme özellikleri yönünden incelenmesi", *1. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*, İstanbul, (2002).

Youngquit, J. A., Laufenberg, T. L., and Bryant, B. S., "End Jointing of Laminated Veneer Lumber for Structural Use", *Forest Products Journal*, USA, (34): 11-12 (1984).

Youngquist, J. A., and Bryant, B. S., "Production and marketing feasibility of parallel laminated veneer products", *Forest Products Journal*, USA, (29): 45-81 (1979).

Yuca, B., "Borik asit ilave edilen bazı tutkalların ağaç malzemenin yanma ve yapışma direncine etkilerinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, (2010).

Zicherman, J. D., "Fire Performance of Archaic Building Materials", *National Institute of Building Sciences*, Washington, 18-23 (1982).

## ÖZGEÇMİŞ

Mustafa DURAK 1989'da Bursa/Mustafa Kemal Paşa'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bursa'da muhtelif okullarda başarıyla tamamladı. Mustafa Kemal Paşa Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2007 yılında Uludağ Üniversitesi İnegöl MYO Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümüne Başladı. 2008'de Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği Bölümü'ne girdi. 2012'de mezun olduktan sonra 2012'de Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Ana Bilim Dalı Altında Yüksek Lisans Eğitimine Başladı. 2014 ve 2015 Senelerinde Bursada Çeşitli Mobilya Firmalarında Ar-Ge, Üretim Planlamacı ve Üretim Sorumlusu Pozisyonlarında çalıştı. Halen 2012 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı altında başlamış olduğu yüksek lisans programını sürdürmektedir.

## İLETİŞİM BİLGİLERİ

Adres: Alemdar Mah. 1. Yunus Sok. No:68  
Osmangazi/ BURSA  
Tel: 02242346963  
Cep Tel: 05384219405  
E-posta: mdmustafadurak@gmail.com