



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YANMAYI GECİKTİRİCİ ÇEŞİTLİ KİMYASAL MADDELERİN
LAMİNAT PARKENİN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

FERHAT ÖZDEMİR

**DOKTORA TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2012

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YANMAYI GECİKTİRİCİ ÇEŞİTLİ KİMYASAL MADDELERİN
LAMİNAT PARKENİN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

FERHAT ÖZDEMİR

Bu tez,
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
DOKTORA
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2012

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ferhat ÖZDEMİR tarafından hazırlanan “**YANMAYI GECİKTİRİCİ ÇEŞİTLİ KİMYASAL MADDELERİN LAMİNAT PARKENİN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**” adlı bu tez, jürimiz tarafından 27/ 01/2012 tarihinde oy birliği ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ	(DANIŞMAN)
Orman Endüstri Mühendisliği -	KSU	
Prof. Dr. M. Hakkı ALMA	(ÜYE)
Orman Endüstri Mühendisliği -	KSU	
Doç. Dr. Ramazan KURT	(ÜYE)
Orman Endüstri Mühendisliği -	KSU	
Doç. Dr. Abdullah İSTEK	(ÜYE)
Orman Endüstri Mühendisliği -	BU	
Yrd. Doç. Dr. Remzi GEMCİ	(ÜYE)
Tekstil Mühendisliği -	KSU	

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Hakkı Alma
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Ferhat ÖZDEMİR

Bu çalışma KSU Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2009/3-1D

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**YANMAYI GECİKTİRİCİ ÇEŞİTLİ KİMYASAL MADDELERİN LAMİNAT
PARKENİN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI
(DOKTORA TEZİ)**

FERHAT ÖZDEMİR

ÖZ

Bu çalışmada amaç, laminat parkenin yanmaya karşı dayanımını artırmaktır. Bu nedenle, laminat parkenin taşıyıcı panelini oluşturan yüksek yoğunlukta lif levhalar (HDF) için lif kaynağı olarak %50 kayın ve %50 sarıçam kullanılmıştır. HDF levhalar yangın geciktirici (fire retardant) kimyasal maddeler ile muamele edilerek 6.5 mm kalınlıkta üretilmiştir. Tam kuru lif miktarına oranla %3, %6, %9 oranlarında yanmayı geciktirici boraks, borik asit, amonyum polifosfat ve alfa-x kimyasalları toz halinde ilave edilmiştir. Daha sonra, HDF levhalarının yüzeyleri overlay, dekor ve balans kağıtları ile kaplanmış ve laminat parkeler üretilmiştir. Elde edilen laminat parke deneme levhalarında standartlara bağlı kalınarak fiziksel, mekanik, yüzey kalitesi özellikleri, serbest formaldehit miktarı, mantar çürüklük dayanımı ve yanma özellikleri araştırılmıştır. %3, %6 ve %9 oranlarında yanmayı geciktirici olarak ilave edilen kimyasalların, levhaların yanma dayanımını, mantar çürüklüğü ve küf mantarı dayanımını artırdığı fakat fiziksel ve mekanik direnç özelliklerini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin HDF levhalara ilave edilmesi ile laminat parkenin yüzey kalitesi özellikleri üzerine etkilerinin olmadığı ancak melamin emdirilmiş kağıtlara uygulanmasında ise olumsuz etki yaptığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Borik asit, Boraks, Alfa-X, Laminat Parke, Yanma

**Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ocak / 2012**

Danışman: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Eş-Danışman:

Sayfa sayısı: 243

**INVESTIGATION ON THE EFFECTS OF VARIOUS FIRE-RETARDANT
CHEMICALS ADDITION ON SOME PROPERTIES OF LAMINATED
FLOORING**

(PhD THESIS)

FERHAT ÖZDEMİR

ABSTRACT

The aim of this study to improve the fire resistance of laminate flooring. Therefore, high density fiber boards contain mixture of 50% of Beech and 50% of Scots Pine were used for laminated flooring boards. High density fiber boards were produced using flame retardant chemicals with the thickness of 6.5 mm. Fire retardants such as borax, boric acid, ammonium polyphosphate and alpha-x-chemicals were added in the powder form with the concentration of 3%, 6% and 9% of dry fiber weight. Afterwards, surfaces of HDF boards were coated with overlay, decor and balance sheets and then laminated floorings boards were produced. The physical, mechanical, surface properties, amounts of free formaldehyde, resistance of fungal decay and fire resistance of all produced laminated flooring samples were investigated in accordance to relevant standarts. Addition of fire retardant chemicals such as borax, boric acid, ammoniumpolyfosfat and alfa-x,were at 3%, 6% and 9% proportions improved the fire resistance, fungal decay and mold resistance but had a negative effect on both the physical and mechanical properties. It was also detected that the internal addition of fire retardant chemicals had no negative effects on the surface quality of HDF boards whereas the application of such chemicals on the melamine-impregnated papers had destructive effects on the surface properties of tested samples

Key Words: Boric acid, Borax, Alfa-X, Laminate Flooring, Combustion

**Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Institute for Graduate Studies in Science and Technology
Department of Forest Industry Engineering January / 2012**

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Co-supervisor:

Page number: 243

YANMAYI GECİKTİRİCİ ÇEŞİTLİ KİMYASAL MADDELERİN LAMİNAT PARKENİN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışmada, çeşitli yanmayı geciktirici (Fire retardent) kimyasal maddeler ilave edilerek üretilmiş yüksek yoğunluklu liflevhaların (HDF) laminatla kaplanması ile elde edilen laminat parkenin özellikleri üzerinde kimyasal madde türünün ve kimyasal madde oranlarının etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla %50 kayın ve %50 sarıçam lifleri içine %3, %6 ve %9 oranlarında yanmayı geciktirici boraks, borik asit, amonyum polifosfat ve alfa-x kimyasalları ilave edilmiş ve üreformatdehit tutkalı kullanılmak suretiyle 6.5 mm kalınlıkta HDF levhalar üretilmiştir. HDF levhaların üzerleri overlay, dekor ve balans kağıtları ile sıcaklık ve basınç altında kaplanarak laminat parke levhaları elde edilmiştir. Üretilen laminat parke örneklerinin, fiziksel özelliklerden yoğunluk, rutubet, su alma, kalınlık artışı, ısı iletkenliği; mekanik özelliklerden eğilme direnci, elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme, yüzey sağlamlığı; yüzey kalitesi özelliklerinden aşınma, çizilme, küçük ve büyük bilye, sigara ateşine dayanıklılık, su buharı, lekelenme testi; yanma ile ilgili yanma direnci ASTM E-69 testi ve termogravimetrik analiz; serbest formaldehit miktarı; mantar çürüklük direnci ile ilgili mantar çürüklüğü ve küf mantarı deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun üretilen laminat parkenin özellikleri üzerinde önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Kimyasal madde konsantrasyonu arttıkça laminat parke örneklerinin yoğunluğu ve ısı iletimi artarken, rutubet miktarı, kalınlık artışı ve su alma miktarı olumsuz etkilenmiştir. Eğilme direnci, elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme ve yüzey sağlamlığı direnci azalmıştır. Yüzey kalite özellikleri yanmayı geciktirici kimyasal maddelerden etkilenmemişlerdir. Yanma dayanımı testinde ise kimyasal madde konsantrasyonunun artması ile ağırlık kaybı, sıcaklık, CO değerleri düşerken O₂ değerleri artış eğilimi göstermiştir. TGA sonuçlarına göre kimyasal madde konsantrasyonunun artması ile bozunmadan kalan kütle miktarı oranı da artmıştır. Kimyasal maddelerin konsantrasyon artışı ile serbest formaldehit miktarında düşüş olduğu, mantar çürüklük ve küf mantarı çürüklük oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

INVESTIGATION ON THE EFFECTS OF VARIOUS FIRE-RETARDANT CHEMICALS ADDITION ON SOME PROPERTIES OF LAMINATED FLOORING

SUMMARY

In this study, the effect of the type and concentration on fire retardant chemicals were investigated on the HDF laminated boards produced with addition of fire retardant chemicals and coated with laminate flooring. For this purpose, 3%, 6% and 9% of fire retardant chemicals such as borax, boric acid, ammonium polyphosphate and alfa-x, were added into Beech and Scots Pine fibers mixed at 50% each and then HDF boards with thickness of 6.5 mm were produced by using urea formaldehyde resin. Laminated flooring boards were produced by pressing overlay, decor and balance paper on to the HDF boards. Density, moisture content, water absorption, thickness swelling and thermal conductivity related to physical properties of laminated flooring boards; bending strength, modulus of elasticity, tensile strength, surface stability related to mechanical properties of laminated flooring boards; abrasion, scratch, small and large ball, resistance to cigarette fire, water vapour and spotting test related to surface quality properties of laminated flooring boards; fire resistance test of ASTM E-69 and thermogravimetric analysis; the amount of free formaldehyde and fungal decay and mold resistance of all produced laminated flooring samples were determined. All the results were comparatively evaluated.

It was determined that there was a significant effect of the type and concentration of chemicals on the properties of laminate flooring. Higher concentration of chemicals increased the density and thermal conductivity of laminate flooring samples. However, moisture content, thickness swelling and water absorption were affected adversely by addition of higher amount of chemicals. It was indicated that bending strength, modulus of elasticity, tensile strength and surface stability decreased. Surface quality properties were not affected by the fire retardant chemicals. The higher the concentration of chemicals used for the measurement of fire resistance test, is the lower weight loss, becomes temperature, CO values were obtained, however, an increase was obtained in O₂. According to TGA results, with the increase of concentration of chemicals, the amount of mass left unmodified also increased. It was shown that high concentration of chemicals in the boards lead to decrease in the amount of free formaldehyde and increase the durability to mold and decay fungi.

TEŞEKKÜR

‘Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin laminat parkenin bazı özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması’ adlı bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora tez danışmanlığımı üstlenerek, çalışma konumu belirleyen, çalışmalarımın planlanması ve yürütülmesi sırasında bilgi tecrübesinden yararlandığım, her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ’ a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Bilgi ve görüşlerinden faydalandığım tez izleme komitesi üyeleri Sayın Doç. Dr. Ramazan KURT ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Remzi GEMCİ’ ye teşekkürlerimi sunarım.

Laminat parke yapımı için gerekli hammadde temini ve bazı testlerin fabrikalarında yapılmasını sağlayan Kastamonu Entegre A.Ş. Yöneticileri Ertuğrul CAŞUR, Yusuf İLERİ, Cemalettin İLHAN, Mediha VICİL, Oğuzhan ÖZTÜRK ve Hakan KOCA’ ya, çalışmalarında yardımcı olan Kastamonu Entegre A.Ş. personeli Nihat KAÇAN, Güven ALAYBAŞI, Şenol KESKİN, Yüksel AYDIN ve Sezgin CANASLAN’ a teşekkür ederim.

Yanma testlerinin yapılmasında laboratuvar imkanlarını kullanmama yardımcı olan Karabük Üniversitesi öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI’ ya küf ve mantar çürüklük testleri için Gümüşhane Üniversitesi Öğretim üyesi Doç. Dr. Selim ŞEN’e, mekanik testler için KSU öğretim üyesi Doç. Dr. Fatih MENGELOĞLU’ na, oksijen indeksi testi için ODTÜ öğretim üyesi Prof. Dr. Göknur BAYRAM ve Yüksel SAYIN’a, istatistik analiz çalışmaları için KSU öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Hasan SERİN’ e yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca Doç. Dr. Tayfun KORUCU, Öğr. Gör. Dr. B. Cihad BAL ve Alfa-x kimyasalının temininde yardımcı olan Mehmet TATLI ile Koçak Kimya’ ya da teşekkür ederim. Çalışmanın yürütülmesinde maddi destek veren KSU Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederim.

Doktora çalışmam boyunca manevi olarak ihmal etmek zorunda kaldığım oğullarım Yiğit Ferhat ve Yağız Ferhat ile eşim Gül ÖZDEMİR’ e sevgi ve şükranlarımı sunuyorum.

Bu çalışmanın, yanmayı geciktirici kimyasal madde kullanan ve Laminat Parke konusunda çalışma yapan kişilere ve uygulayıcılara faydalı olmasını temenni ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	I
ABSTRACT	II
SUMMARY	IV
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ	XIII
EKLER DİZİNİ	XVIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIX
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Lif Levhalar	4
1.3. Parke ve Parke Sınıfları	7
1.3.1. Laminat Nedir	7
1.3.2. Laminat Parke	7
1.3.3. Laminat Parke Bileşenleri	8
1.4. Laminat Sınıfları	11
1.4.1. Pres ve Üretim Tekniği Bakımından Sınıflandırılması	11
1.4.2. Uygulama Özelliklerine Göre Sınıflandırılması	12
1.4.3. Yüzey Şekillerine Göre Sınıflandırılması	13
1.5. Orman Endüstrisinde Kullanılan Lif Hammaddesi Kaynakları	13
1.6. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Bozunma Türleri	15
1.7. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Yanma Özellikleri	16
1.8. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Yanma Olayı ve Mekanizması	17
1.9. Odunun Yanma Performans Karakteristikleri	19
1.10. Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemelerin Yanma Dayanımını Belirleme Yöntemleri	22
1.11. Önemli Yangın Geciktirici Kimyasal Maddeler	25
1.12. Bor Bileşiğinin Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemelerde Kullanımı	27
1.13. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Mukavemet Özellikleri Üzerine Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerin Etkileri	32
1.14. Önceki Çalışmalar	33
2. MATERYAL VE METOT	45
2.1. Materyal	45
2.1.1. Hammadde	45
2.1.2. Kimyasal Maddeler	45
2.1.3. Tutkal	48
2.1.4. Laminat Parke Bileşenleri	48

2.2.	Metot	51
2.2.1.	Deneme Levhalarının Yapımı	51
2.2.2.	Deneme Levhalarının Özelliklerinin Belirlenmesi	54
2.2.3.	Fiziksel Özellikler	56
2.2.4.	Mekanik Özellikler	58
2.2.5.	Yüzey Kalitesi Özellikler	61
2.2.6.	Yanma Deneyleri	67
2.2.7.	Formaldehit Emisyon Testi - Perforatör Yöntemi	72
2.2.8.	Mantar Çürüklük Testi	73
2.2.9.	Küf Mantarı Testi	74
2.2.10.	SEM (Scanning Electron Microscope) Analizleri	74
2.2.11.	Yanmayı Geciktirici Kimyasal Madde Konsantrasyonlarında Elde Edilen Deneme Levhalarına ait Verilerin Değerlendirilmesi	75
3.	BULGULAR ve TARTIŞMA	76
3.1.	Bulgular	76
3.1.1.	Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular	76
3.1.2.	Mekanik Özelliklere Ait Bulgular	85
3.1.3.	Yüzey Kalitesi Özelliklerine Ait Bulgular	91
3.1.4.	Yanma Mukavemet Testine Ait bulgular	96
3.1.5.	Serbest Formaldehit Emisyonu Testi	110
3.1.6.	Mantar Testine Ait Bulgular	112
3.1.7.	Küf Mantarı Etkisine Ait Bulgular	115
3.1.8.	Elde Edilen Levhalarda Kimyasal Madde ve Lif Karışımı SEM Resimleri ..	116
3.2.	Tartışma	119
3.2.1.	Fiziksel Özellikler	119
3.2.2.	Mekanik Özellikler	128
3.2.3.	Yüzey Kalitesi Özellikleri	134
3.2.4.	Yanma Mukavemet Testleri	141
3.2.5.	Serbest Formaldehit Emisyon Testi	175
3.2.6.	Mantar Çürüklük Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	178
3.2.7.	Küf Mantarı Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	181
3.3.	Test Sonuçları	186
4.	SONUÇLAR	188
4.1.	Fiziksel Özellikler	188
4.1.1.	Su Alma	188
4.1.2.	Kalınlığına Şişme	189
4.2.	Mekanik Özellikler	190
4.2.1.	Eğilme Direnci	190
4.2.2.	Elastikiyet Modülü	190
4.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci	191
4.2.4.	Yüzey Sağlamlığı Direnci	191
4.3.	Yüzey Kalitesi Özellikleri	192
4.3.1.	Aşınma Direnci	192
4.3.2.	Çizilme Direnci	193
4.3.3.	Büyük Bilye	193

4.3.4. Küçük Bilye.....	193
4.3.5. Su Buharı, Sigara Ateşine Dayanıklılık ve Pişme Testi	193
4.4. Yanma Deneylei	193
4.4.1. ASTM-E 69.....	193
4.4.2. Termogravimetrik Analiz (TGA)	196
4.4.3. LOI testi	197
4.5. Mantar Çürüklük Testi	197
4.5.1. <i>Ceriporiopsis Subvermisphora</i> Mantarı Değerleri	197
4.5.2. <i>Coniophora Puteana</i> Mantarı Değerleri	198
4.6. Küf Mantarı Testi.....	198
4.7. Serbest Formaldehit Emisyonu.....	198
4.8. Öneriler.....	199
KAYNAKLAR	202
EKLER	218
ÖZGEÇMİŞ	219

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Lif Levha Üretimi-Kuru Yöntem.....	5
Şekil 1.2. Odun kompozitlerinin partikül boyutu, yoğunluk ve üretim tipine göre sınıflandırılması	6
Şekil 1.3. Laminat Parkenin Bileşenleri.....	8
Şekil 1.4. Balans kağıdı tabakasının önemi.....	10
Şekil 1.5. Laminat döşeme üretim aşamaları	11
Şekil 1.6. Liflerin sınıflandırılması.....	14
Şekil 1.7. Bir alevdeki gaz ve yanma bölgelerinin şematik gösterilmesi.....	17
Şekil 1.8. Yanma Döngüsünün Sistematiği.....	18
Şekil 1.9. Yangının zaman-sıcaklık eğrisi.....	19
Şekil 1.10. Odun malzemede kömürleşmenin görünüşü.....	21
Şekil 1.11. Yanmayı geciktirici kimyasalların yanma süresi üzerine etki zamanı.....	31
Şekil 1.12. Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin yanma mekanizmasına etki şekilleri.....	31
Şekil 1.13. Amonyum polifosfatın yanma üzerine etkisi.....	31
Şekil 2.1. Cemil Usta SSP 125 Laboratuar tipi pres makinesi	54
Şekil 2.2. Quick Thermal Conductivity Meter (QTM 500 Kyoto) marka ısı iletim katsayısı ölçüm cihazı	58
Şekil 2.3. Yüzeye dik çekme test makinesi ve örnekleri	60
Şekil 2.4. Yüzeysel sağlamlığı test makinesi ve test örnekleri.....	61
Şekil 2.5. Aşınma direnci test cihazı.....	62
Şekil 2.6. Aşınma direnci uygulanmış test örnekleri	62
Şekil 2.7. Çizilme direnci test makinesi ve gözlem kabini	63
Şekil 2.8. Çizilme direnci test örnekleri.....	63
Şekil 2.9. Küçük bilye test aleti.....	64
Şekil 2.10. Büyük bilye test düzeneği ve levha örnekleri	65
Şekil 2.11. Su buharı test düzeneği.....	66
Şekil 2.12. Sigara ateşi test örneği.....	67
Şekil 2.13. Yanma test düzeneği.....	69
Şekil 2.14. Yanma esnasında açığa çıkan gazların ölçüm cihazı	69
Şekil 2.15. Yanma sırasında açığa çıkan gazlar ve limit değerleri.....	70
Şekil 2.16. TGA analiz cihazı.....	71
Şekil 2.17. Oksijen indeksi cihazı.....	71
Şekil 2.18. Odun esaslı levhaların formaldehit emisyon (ppm) değerleri.....	73
Şekil 2.19. Neo Scope marka Scanning Electron Microscope (SEM) cihazı.....	75
Şekil 2.20. Taramalı elektron mikroskopun şematik çalışma resmi.....	75
Şekil 3.1. Kontrol örneği lif dağılımı.....	116
Şekil 3.2. Boraks yanmayı geciktirici kimyasal maddesinin lifler arasındaki dağılımı.....	116
Şekil 3.3. Borik asit yanmayı geciktirici kimyasal maddesinin lifler arasındaki dağılımı	117
Şekil 3.4. Amonyum polifosfat kimyasal maddesinin lifler arasındaki dağılımı	117
Şekil 3.5. Alfa-x yanmayı geciktirici kimyasal maddesinin lifler arasındaki dağılımı	118
Şekil 3.6. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının rutubet değerlerindeki değişim.....	120
Şekil 3.7. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerindeki değişim	121

Şekil 3.8.	Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 2 saat sonra su alma değerlerindeki değişim.....	122
Şekil 3.9.	Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat sonra su alma değerlerindeki değişim.....	123
Şekil 3.10.	Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 2 saat sonra kalınlık artışı değerlerindeki değişim.....	125
Şekil 3.11.	Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının kalınlık artışı 24 saat değerlerindeki değişim.....	125
Şekil 3.12.	Yanmayı geciktirici farklı kimyasal madde türleri ve konsantrasyonlarının ısı iletim katsayı değerleri.....	127
Şekil 3.13.	Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerindeki değişim.....	128
Şekil 3.14.	Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerindeki değişim.....	130
Şekil 3.15.	Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme değerlerindeki değişim.....	131
Şekil 3.16.	Farklı konsantrasyonlarda, çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının yüzey sağlamlığı değerlerindeki değişim.....	134
Şekil 3.17.	Farklı konsantrasyonlarda, çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının aşınma değerlerindeki değişim ..	135
Şekil 3.18.	Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının çizilme değerlerindeki değişim	136
Şekil 3.19.	Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının küçük bilye değerlerindeki değişim.....	137
Şekil 3.20.	Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının büyük bilye değerlerindeki değişim.....	138
Şekil 3.21.	Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin farklı oranları kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait AKY' da ki ortalama ağırlık kaybı değerleri.....	142
Şekil 3.22.	Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerindeki değişim.....	144
Şekil 3.23.	Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O ₂ değerlerindeki değişim ..	145
Şekil 3.24.	Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerindeki değişim.....	146

Şekil 3.25. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim.....	147
Şekil 3.26. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerindeki değişim.....	149
Şekil 3.27. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O ₂ değerlerindeki değişim.....	150
Şekil 3.28. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerindeki değişim.....	151
Şekil 3.29. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KHY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim.....	152
Şekil 3.30. Kontrol örneği levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	154
Şekil 3.31. FR kimyasalı olarak kullanılan %3 Boraks ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	155
Şekil 3.32. FR kimyasalı olarak kullanılan %6 Boraks ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	155
Şekil 3.33. FR kimyasalı olarak kullanılan %9 Boraks ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	155
Şekil 3.34. Boraks kimyasalının %3, %6 ve %9 konsantrasyonları ile elde edilen deneme levhalarının TGA testi sonucunda kalan madde miktarlarındaki değişim değerleri.....	158
Şekil 3.35. FR kimyasalı olarak kullanılan %3 Borik asit ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	160
Şekil 3.36. FR kimyasalı olarak kullanılan %6 Borik asit ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	160
Şekil 3.37. FR kimyasalı olarak kullanılan %9 Borik asit ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	160
Şekil 3.38. Borik asit kimyasal maddesinin %3, %6 ve %9 konsantrasyonları ile elde edilen deneme levhalarının TGA sonucunda kalan madde miktarlarındaki değişim değerleri.....	162
Şekil 3.39. FR kimyasalı olarak kullanılan %3 Amonyum polifosfat ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	164
Şekil 3.40. FR kimyasalı olarak kullanılan %6 Amonyum polifosfat ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	164
Şekil 3.41. FR kimyasalı olarak kullanılan %9 Amonyum polifosfat ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	164
Şekil 3.42. Amonyum polifosfatın kimyasalının %3, %6 ve %9 konsantrasyonları ile elde edilen deneme levhalarının TGA testi sonucunda kalan madde miktarlarındaki değişim değerleri.....	166
Şekil 3.43. FR kimyasalı olarak kullanılan %3 Alfa-x ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	168
Şekil 3.44. FR kimyasalı olarak kullanılan %6 Alfa-x ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.....	168

Şekil 3.45. FR kimyasalı olarak kullanılan %9 Alfa-x ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri	168
Şekil 3.46. Alfa-x kimyasalının %3, %6 ve %9 konsantrasyonları ile elde edilen deneme levhalarının TGA sonucunda kalan madde miktarlarındaki değişim değerleri	170
Şekil 3.47. Yanmayı geciktirici kimyasal madde ve konsantrasyon oranlarının TGA sonucunda deneme levhalarının ağırlıklarında meydana getirdikleri değişim değerleri	171
Şekil 3.48. Yanmayı geciktirici kimyasal madde ve konsantrasyon oranlarının TGA sonucunda deneme levhalarının ağırlıklarında meydana getirdikleri değişim değerleri	174
Şekil 3.49. Farklı konsantrasyonlardaki çeşitli kimyasal maddelerle üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama serbest formaldehit emisyonu değerleri.....	175
Şekil 3.50. Yanmayı geciktirici kimyasallarla muamele edilen laminat parke deneme levhalarının <i>Ceriporiopsis Subvermisphora</i> mantarına maruz kalması ile oluşan ağırlık kaybı değerlerindeki değişim.....	178
Şekil 3.51. Yanmayı geciktirici kimyasallarla muamele edilen laminat parke deneme levhalarının <i>Coniophora Puteana</i> mantarına maruz kalması ile oluşan ağırlık kaybı değerlerindeki değişim	179
Şekil 3.52. Farklı konsantrasyonlarda boraks kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama <i>Aerobasidium pullulans</i> küf mantarı değerleri	182
Şekil 3.53. Farklı konsantrasyonlarda borik asit kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama <i>Aerobasidium pullulans</i> küf mantarı değerleri	182
Şekil 3.54. Farklı konsantrasyonlarda amonyum polifosfat kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama <i>Aerobasidium pullulans</i> küf mantarı değerleri.....	183
Şekil 3.55. Farklı konsantrasyonlarda alfa-x kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama <i>Aerobasidium pullulans</i> küf mantarı değerleri	183
Şekil 3.56. Farklı konsantrasyonlarda boraks kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama <i>Aspergillus niger</i> küf mantarı değerleri.....	184
Şekil 3.57. Farklı konsantrasyonlarda borik asit kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama <i>Aspergillus niger</i> küf mantarı değerleri.....	184
Şekil 3.58. Farklı konsantrasyonlarda amonyum polifosfat kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama <i>Aspergillus niger</i> küf mantarı değerleri	185
Şekil 3.59. Farklı konsantrasyonlarda alfa-x kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama <i>Aspergillus niger</i> küf mantarı değerleri.....	185

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. DIN 4102'ye göre de yanma sınıfları A ve B olmak üzere ikiye ayrılır.	22
Çizelge 1.2. Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları ve Yerleri.....	29
Çizelge 2.1. Borik asit kimyasalına ait fiziksel özellikler.....	45
Çizelge 2.2. Boraks kimyasalına ait fiziksel özellikleri.....	46
Çizelge 2.3. Amonyum polifosfata ait fiziksel özellikler	47
Çizelge 2.4. Alfa-x kimyasalına ait özellikler	47
Çizelge 2.5. Tutkala ait özellikler	48
Çizelge 2.6. HDF yapımında kullanılan lif ve tutkal ile ilgili özellikler	49
Çizelge 2.7. Overlay kağıdı emprenyesinde kullanılan kimyasallar ve oranları.....	49
Çizelge 2.8. Dekor kâğıt emprenyesinde kullanılan kimyasallar ve oranları.....	49
Çizelge 2.9. Balans kağıt emprenyesinde kullanılan kimyasallar ve oranları.....	50
Çizelge 2.10. HDF Pres Şartları	52
Çizelge 2.11. Laminat Pres Şartları	52
Çizelge 2.12. Cemil usta SSP 125 T laboratuvar tipi pres özellikleri	53
Çizelge 2.13. Aşınma sınıfları değer aralıkları.....	62
Çizelge 2.14. Etki sınıflandırması.....	65
Çizelge 2.15. Küf mantarı yüzey kaplama alan yüzde miktarı skala değerleri.....	74
Çizelge 3.1. Üreformaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri	76
Çizelge 3.2. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının rutubet miktarlarına ait ÇVA değerleri	76
Çizelge 3.3. Çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının rutubet miktarlarına ait Tukey testi ve homojenlik grupları.....	77
Çizelge 3.4. Üreformaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama yoğunluk değerleri.....	77
Çizelge 3.5. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yoğunluk miktarlarına ait ÇVA değerleri	78
Çizelge 3.6. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yoğunluk miktarlarına ait Tukey testi ve homojenlik grupları.....	78
Çizelge 3.7. Üreformaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait 2 saat sonunda ortalama su alma değerleri	79
Çizelge 3.8. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 2 saat su alma değerlerine ait ÇVA değerleri	79
Çizelge 3.9. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal çeşitli madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 2 saat su alma değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları.....	80

Çizelge 3.10. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait 24 saat sonunda ortalama su alma değerleri	80
Çizelge 3.11. Çeşitli yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 24 saat su alma değerlerine ait ÇVA değerleri	81
Çizelge 3.12. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 24 saat su alma değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	81
Çizelge 3.13. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait 2 saat sonra ortalama kalınlık artışı değerleri	82
Çizelge 3.14. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 2 saat sonra kalınlık artışı değerlerine ait ÇVA değerleri	82
Çizelge 3.15. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 2 saat sonra kalınlık artışı değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları.....	83
Çizelge 3.16. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait 24 saat sonra ortalama kalınlık artışı değerleri.....	83
Çizelge 3.17. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 24 saat kalınlık artışı değerlerine ait ÇVA değerleri	84
Çizelge 3.18. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 24 saat kalınlık artışı değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	84
Çizelge 3.19. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve konsantrasyonlarının ısı iletim katsayısı ortalamadeğerleri.....	85
Çizelge 3.20. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değerleri.....	85
Çizelge 3.21. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait ÇVA değerleri	86
Çizelge 3.22. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	86
Çizelge 3.23. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama elastikiyet modülü değerleri	87
Çizelge 3.24. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının elastikiyet modülüne ait ÇVA değerleri	87
Çizelge 3.25. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	88

Çizelge 3.26. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri	88
Çizelge 3.27. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait ÇVA değerleri	89
Çizelge 3.28. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	89
Çizelge 3.29. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama yüzey sağlamlığı direnci değerleri	90
Çizelge 3.30. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yüzey sağlamlığı direncine ait ÇVA değerleri	90
Çizelge 3.31. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yüzey sağlamlığı direnci değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	91
Çizelge 3.32. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama aşınma direnci değerleri	92
Çizelge 3.33. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama çizilme direnci değerleri	92
Çizelge 3.34. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama küçük bilye direnci değerleri	93
Çizelge 3.35. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama büyük bilye direnci değerleri	93
Çizelge 3.36. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait sigara ateşine dayanıklılık direncine ait gözlem sonuçları	94
Çizelge 3.37. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait su buharına dayanıklılık direncine ait gözlem sonuçları	95
Çizelge 3.38. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait lekelenme testine ait gözlem sonuçları	96
Çizelge 3.39. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarının AKY' ya ait ortalama ağırlık kaybı (%) ve sıcaklık değerleri	97
Çizelge 3.40. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybına ait ÇVA değerleri	98
Çizelge 3.41. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	98

Çizelge 3.42. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY sıcaklık ÇVA değerleri	99
Çizelge 3.43. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	99
Çizelge 3.44. Yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve farklı konsantrasyon oranlarının AKY’ da ki O ₂ miktarı ve CO değişimi ortalama değerleri.....	100
Çizelge 3.45. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY O ₂ miktarına ait ÇVA değerleri	100
Çizelge 3.46. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY O ₂ değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları.....	101
Çizelge 3.47. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY CO, ÇVA değerler	101
Çizelge 3.48. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY CO değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları.....	102
Çizelge 3.49. Yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranlarının KKY’ da ki ağırlık kaybı ve sıcaklık değişimi ortalama değerleri	102
Çizelge 3.50. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybına ait ÇVA değerleri	103
Çizelge 3.51. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	103
Çizelge 3.52. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY sıcaklık, ÇVA değerleri	104
Çizelge 3.53. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	104
Çizelge 3.54. Yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve farklı konsantrasyon oranlarının KKY’ da ki O ₂ ve CO (ppm) değişimi ortalama değerleri	105
Çizelge 3.55. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY O ₂ miktarına ait ÇVA değerleri	105
Çizelge 3.56. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY O ₂ miktarı değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	106
Çizelge 3.57. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY CO miktarına ait ÇVA değerleri	106
Çizelge 3.58. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY CO miktarı değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları	107

Çizelge 3.59. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranlarının TGA ortalama değerleri.....	107
Çizelge 3.60. Üreformatdehit tutkalının kullanıldığı yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin farklı oranlarının ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarına ait ortalama oksijen indeksi değerleri.....	108
Çizelge 3.61. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının Limit Oksijen İndeksi değerlerine ait ÇVA değerleri.....	109
Çizelge 3.62. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının Limit Oksijen İndeksi miktarı değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları.....	109
Çizelge 3.63. Üreformatdehit tutkalının kullanıldığı yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin farklı oranlarının ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarına ait formaldehit testi rutubet değerleri.....	110
Çizelge 3.64. Üreformatdehit tutkalının kullanıldığı yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin farklı oranlarının ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarına ait ortalama serbest formaldehit emisyonu değerleri.....	111
Çizelge 3.65. Farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerden elde edilen deneme ve kontrol levhalarının <i>Ceriporiopsis subvermisphora</i> mantarına ait çürüklük testi ağırlık kaybı (%) miktarları.....	112
Çizelge 3.66. Farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerden elde edilen deneme ve kontrol levhalarının <i>Coniophora Puteana</i> mantarına ait çürüklük testi ağırlık kaybı miktarları.....	112
Çizelge 3.67. <i>Ceriporiopsis subvermisphora</i> mantarı ağırlık kaybı değerlerine ait BVA test sonuçları.....	113
Çizelge 3.68. <i>Ceriporiopsis subvermisphora</i> mantarı ağırlık kaybı değerlerine ait Tukey test sonuçları ve homojenlik grupları.....	113
Çizelge 3.69. <i>Coniophora Puteana</i> mantarı ağırlık kaybı değerlerine ait BVA test sonuçları.....	114
Çizelge 3.70. <i>Coniophora Puteana</i> mantarı ağırlık kaybı değerlerine ait Tukey test sonuçları ve homojenlik grupları.....	114
Çizelge 3.71. <i>Aerobasidium pullulans</i> küf mantarının yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerle muamele edilmiş deneme ve kontrol örnekleri üzerindeki etkisi.....	115
Çizelge 3.72. <i>Aspergillus niger</i> küf mantarının yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerle muamele edilmiş deneme ve kontrol örnekleri üzerindeki etkisi.....	115
Çizelge 3.73. Farklı konsantrasyonlarda, çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal madde ilave edilerek üretilen deneme levhalarının aşınma değer sınıfı.....	135
Çizelge 3.74. Sigara Ateşine Dayanıklılık Testi Gözlem Sonucu.....	139
Çizelge 3.75. Su Buharına Dayanıklılık Gözlem Sonucu.....	139
Çizelge 3.76. Lekelenme testi gözlem sonucu.....	140
Çizelge 3.77. Yanmayı geciktirici kimyasal madde ve konsantrasyonlarının TGA testi ortalama değerleri.....	172
Çizelge 3.78. Laminat parke levha örneklerinin fiziksel ve mekanik test sonuçları.....	186
Çizelge 3.79. Laminat parke levha örneklerinin yanma dayanımı, TGA ve formaldehit emisyonu test sonuçları.....	187
Çizelge 3.80. Laminat parke levha örneklerinin mantar çürüklük test sonuçları.....	187

EKLER DİZİNİ

Sayfa No

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

cm	:Santimetre
CO	: Karbon monoksit
dak	: Dakika
g	: Gram
Kg	: Kilogram
°K	: Kelvin derece
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
mm	: Milimetre
mm ²	: Milimetrekare
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
MPa	: Mega paskal
N	: Newton
sn	: Saniye
O ₂	: Oksijen
W	: Watt

Kısaltmalar

AFB	: Amonyum tetrafluoroborat
AKY	: Alev kaynaklı yanma
AL	: Alüminyum hidroksit
APP	: Amonyum polifosfat
AS	: Amonyum sülfat
ASTM	: American society for testing and materials
AX	: Alfa -x
BA	: Borik asit
BAE	: Borik asit eşdeğeri
BVA	: Basit varyans analizi
BX	: Boraks

CPL	: Continuous Press Laminat
ÇVA	: Çoğul varyans analizi
DAF	: Diamonyum fosfat
DAP	: Diamamonyumfosfat
DBF	: Ammonium tetrafluoroborate
DDAC	: Dimethyl ammonium chloride
DOT	: Disodium octaborate tetrahydrate
DSC	: Diferansiyel tarama kalorimetresi
DTA	: Diferansiyel termal analiz
DTGA	: Derivatif termogravimetrik analiz
FR	: Yanmayı geciktirici (Fire Retardant)
HDF	: Yüksek yoğunlukta liflevha (High Density Fiberboard)
HPL	: Yüksek basınç laminatı
KA	: Kalınlık artışı
KKY	: Kendi kendine yanma
LDF	: Yumuşak lif levhalar
LOI	: Limit Oksijen İndeksi
MAP	: Monoamonyumfosfat
MDF	: Orta yoğunlukta lif levhalar (Medium Density Fiberboard)
MÜF	: Melamin üre formaldehit
NPB	: Sodyum perborattetrahidrat
OSB	: Yönlendirilmiş yonga levha (Oriented strandboard)
PA	: Fosforik asit
PAF	: Polyamonyum fosfat
PU	: Poliüretan
PVAc	: Polivinilasetat
SA	: Su alma
SFB	: Amonyum pentaborat oktahidrat
TGA	: Termogravimetrik analiz
TS	: Türk standardı
TSE	: Türk standartları enstitüsü
ÜF	: Üre formaldehit

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Günümüzde masif ahşabın ve ahşap esaslı yapısal malzemelerin kullanımına yönelik talepler, teknolojik gelişme ile birlikte yaşam kalitesinin yükselmesine bağlı olarak giderek artmaktadır. Üstün özellikleri nedeniyle yenilenebilir tek doğal hammadde olarak çok değişik alanlarda kullanılan odun hammaddesi kimyasal bileşimi ile anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özelliklerinden dolayı da çok farklı ürünler halinde kullanılmasına da imkân sağlamıştır (Bozkurt ve Göker, 1987).

Kullanım yerleri göz önüne alındığında odun hammaddesinin tercih edilme sebebi kendine özgü estetik ve teknik birçok faydalı özellikleri taşımasından dolayıdır. Buna karşın önemli bazı sakıncalı yanları da vardır. Bunlar; organik ve anizotrop bir yapıya sahip olması nedeniyle biyotik ve abiyotik bozundurmaya karşı duyarlı olması ve boyutlarını değiştirmesi ve kolay yanabilmesidir. Bu yapısal değişim ve bozuşum, ahşabın kısa bir süre kullanılmasına imkân tanımaktadır. Çünkü ahşabın sahip olduğu üstün değerleri zamanla azalmaktadır. Ortalama yarım asırdan fazla bir zamanda olgunlaşmış kullanılabilir hale gelebilen bu hammaddenin, bu kadar kısa sürede tahrip olması, ulusal ekonomide önemli kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle masif ahşabın ve ahşap esaslı diğer malzemelerin kullanım ömrünü uzatmak için zararlı unsurları bertaraf etmek ancak koruyucular ile muamele edilerek korunması ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu koruyucu maddeler ahşabın sakıncalı özelliklerini iyileştirici, üstün niteliklerini de koruyucu bir takım özellikler taşımaktadırlar. Bunlar odunun yapısına, kullanıldığı ortamlara, uygulanan yöntemlerin ve emprenye maddelerinin özelliklerine göre ekonomik bir anlam taşımaktadır. Ahşabın niteliklerinin iyi bilinmesi ile en uygun koruma tedbirleri alınabilir. Ayrıca, kullanılan emprenye kimyasallarının ucuz olması, bu maddelerin kolay ve hızlıca devreye sokulması, çevre dostu olması da günümüzde önem arz etmektedir (Berkel, 1972; Richardson, 1978).

Son yıllarda ahşap emprenye maddesi kullanımında doğal, yenilenebilir, çevre dostu zararsız kimyasal maddeler tercih edilmekte, zararlı kimyasal maddelerin kullanımı ise sınırlandırılmaktadır (Bozkurt ve ark., 1993).

Odun hammaddesinin kolay işlenebilmesi ve ucuz olması özelliği en önemli tercih nedenidir. Günümüzde yapı malzemelerine olan talebin artması insan nüfusunun artmasına

paralel olarak hızla devam etmektedir. Azalan bir kaynak olan odun hammaddesinin fiyatının her geçen gün artması ile birlikte, temin edilme problemi de yaşanmaktadır. Katı atıkların ise geri dönüştürülme problemi olmasından dolayı, lignoselülozik malzemelerin kullanılmasının önemini artırmıştır. Bu yüzden kimyasal madde ve çeşitli bağlayıcılar ilave edilen lignoselülozik maddelerden elde edilen odun kompozitlerinin kullanım miktarı her geçen gün artmaktadır (Öztürk, 2003).

Doğal hammadde kaynağı olan odun, gelişen endüstrileşmeden olumsuz etkilenmiştir. Kıt bulunur olması sebebiyle fiyatının fazla olması, ekonomiklik anlamında farklı arayışlara neden olmuştur. Daha ucuz ve daha dayanıklı olması, yüzeyde uygulanabilecek desen çeşitliliği ve yüzeyde herhangi bir işlem gerektirmeme özelliği nedeni ile laminat kullanımının günümüzde önemini artırmıştır. Laminatın mobilya ve dekorasyon sektöründe kullanılmasının yaygınlaşmasındaki ana etken desen ve yüzey çeşitliliği özelliği ile yüzey kaplaması olarak kullanılabilmesidir (Merev, 1998).

Lif levha, ısı ve/veya basınç uygulanması ile lignoselülozik liflerden üretilmiş, kalınlığı ise 1.5 mm ve daha fazla olan panel malzeme olarak tanımlanır (TSE EN 316, 2009). Masif ağaç malzemeye alternatif olarak üretilen lif levhaların hammaddesini lignoselülozik maddeler ve tutkal oluşturur. Levha üretimini ve levhanın fiziksel, mekanik ve diğer bazı özellikleri üzerine tutkal türü, odun türü, kimyasal maddeler, pres süresi, pres sonrası yapılan işlemler ve üretim şartları gibi bir takım faktörler etkili olmaktadır (Hashim ve ark. 1994). Yüksek yoğunluklu lif levha (HDF) sınıfına giren levhaların yoğunluğu 0.870–1.000 gr/cm³ arasındadır (Güler, 2001). HDF levhaların en önemli avantajı her iki yüzeyinin de düzgün olmasıdır. Rutubete karşı dayanıklılığını artırmak için herhangi bir işlem yapılmadıkça iç mekânlarda kullanılırken, dış mekânlarda kullanmak için işlem yapılan levhalar 'Extra sert lif levhalar' diye tanımlanır (Mallick, 1997).

Laminat parke: melamin esaslı dekoratif kağıt, alüminyum oksitli örtü tabakası, rutubete dayanıklı taşıyıcı öz ve özün alt tarafına yapıştırılmış gerilmeleri dengeleyecek bir balans tabakasından oluşmaktadır (Korkut, 2003). Lif levhaların oduna oranla daha homojen yapıda olması, teknolojik özelliklerinin anizotrop yapıdaki oduna oranla üç yönde daha düzenli olması, direnç özelliklerinin iyileştirilebilir olmasının avantajları yanında dezavantajları da vardır (Kollmann ve ark., 1975). Ahşap ve ahşap esaslı levhaların en önemli dezavantajlarından bir tanesi kolay tutuşmaları ve yanabilmeleridir (Özkaya ve ark., 2007; Stevans ve ark., 2006). Bu dezavantajları avantaja dönüştürmek için bazı kimyasal işlemlerden geçirmek gereklidir.

Odun kullanıldığı yerde mantar, bakteri ve böcek gibi zararlıların bozunduruca etkisine maruz kalmaktadır. Odunun direnç özellikleri ve kullanım sürelerinin artırılması bazı koruyucu kimyasalların kullanılması ile mümkün olmaktadır (Temiz, 2005). Ahşap esaslı malzemenin ömrünü uzatmak için böceklenme, bakteri ve mantar zararlılarına ayrıca alevlenmesinin de geciktirilmesi için emprenye edilmesi gerekmektedir. Günümüzde suda çözünen ve çözünmeyen bor bileşikleri bu amaç için kullanılmaktadır (İnger, 2008). Bor bileşiklerinin doğada bol bulunması, dolayısıyla ucuz olması, insan ve hayvana zehirli etkisinin olmaması, renksiz ve çevre dostu olması, korozyon etkisinin olmaması, ahşap malzemenin direnç özelliklerinde fazla bir olumsuz etkisinin olmaması önemli bir özelliğidir. Mantar ve böceklere karşı önemli derecede etkin olması ve yanmayı geciktirici olumlu etkisinden dolayı geniş bir kullanım alanı bularak önemi her geçen gün artmaktadır (Kartal ve İmamura, 2004; Lloyd, 1998).

Borlu bileşikler kompozit üretimi esnasında toz halinde tutkala, odun yongasına veya odun lifine katılmaktadır (Ayrılmış ve ark., 2005). Lignoselülozik maddelerin yanma için gerekli şartlar oluştuğunda direnç özelliklerini kaybetmesi sebebiyle toplu yaşam alanlarında can ve mal güvenliğini tehdit etmektedir. Bu nedenle iç mekamlarda ve yapı inşaat sektöründe bu özelliğın geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Gu ve ark., 2007; Ellis ve Rowell, 1989; Kozlowski ve ark., 1999). Bu yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin mekanik, fiziksel ve diğere özellikler üzerine tesir ettikleri belirlenmiştir (Denizli, 1997; Sweet ve Winandy, 1999).

Bu çalışmada, odun lifleri içerisine belirli oranlarda yanmayı geciktirici kimyasallar ilave edilerek yüksek yoğunlukta liflevhalar üretilmiştir. Daha sonra levhaların alt ve üst yüzeyleri termoset reçinelerle emprenye edilen kağıtlar ile kaplanarak laminat parkeler üretilmiştir. Üretilen laminat parkelere materyal ve metot bölümünde, standart yöntemlere bağlı kalınarak detaylı şekilde anlatıldığı üzere fiziksel, mekanik, yüzey kalitesi özellikleri, formaldehit emisyonu, mantar çürüklük ve küflenme testleri ile termogravimetrik analiz (TGA) ve yanma mukavemet testleri yapılmıştır. Belirli oranlarda ilave edilen yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin ve konsantrasyonunun deneme levhaları üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

1.2. Lif Levhalar

Lif levhalar; odun veya lignoselüloz içeren odunlaşmış hammaddelerin liflerinin, doğal yapılaşma veya keçeleşme özelliğinden faydalanarak veya içerisine yapıştırıcılar katılarak elde edilen taslağın, yüksek sıcaklık ve basınç altında sıkıştırılması sonucu elde edilen levhalardır (Eroğlu ve Usta, 2000). Tanımdan da anlaşılacağı gibi; herhangi bir katkı maddesi ilave etmeden, sadece liflerin adezyon ve doğal yapışma kuvvetinden (sıkıştırma ile artar) faydalanılarak lif levha üretilebileceği gibi, orta yoğunlukta lif levhalarda olduğu gibi, içerisine bazı katkı maddeleri ve yapıştırıcı ilavesiyle, farklı özelliklerde lif levha üretilebilmektedir.

Lif levhalar; birim hacim ağırlıkları esas alınarak, üç gruba ayrılır (TS 2129, 1975).

- Yumuşak lif levhalar (LDF): Birim hacim ağırlıkları 350 kg/m^3 e kadar olan lif levhalar
- Orta yoğunlukta lif levhalar (MDF): Birim hacim ağırlıkları $350\text{--}800 \text{ kg/m}^3$ arasında olan lif levhalar.
- Sert lif levhalar (HDF): Birim hacim ağırlıkları 800 kg/m^3 ten fazla olan lif levhalardır.

Lif levha üretiminde kullanılan yöntemler, üretimde yonga ve lif taşımada su kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak üç grupta toplanılabilir (Eroğlu, 1988).

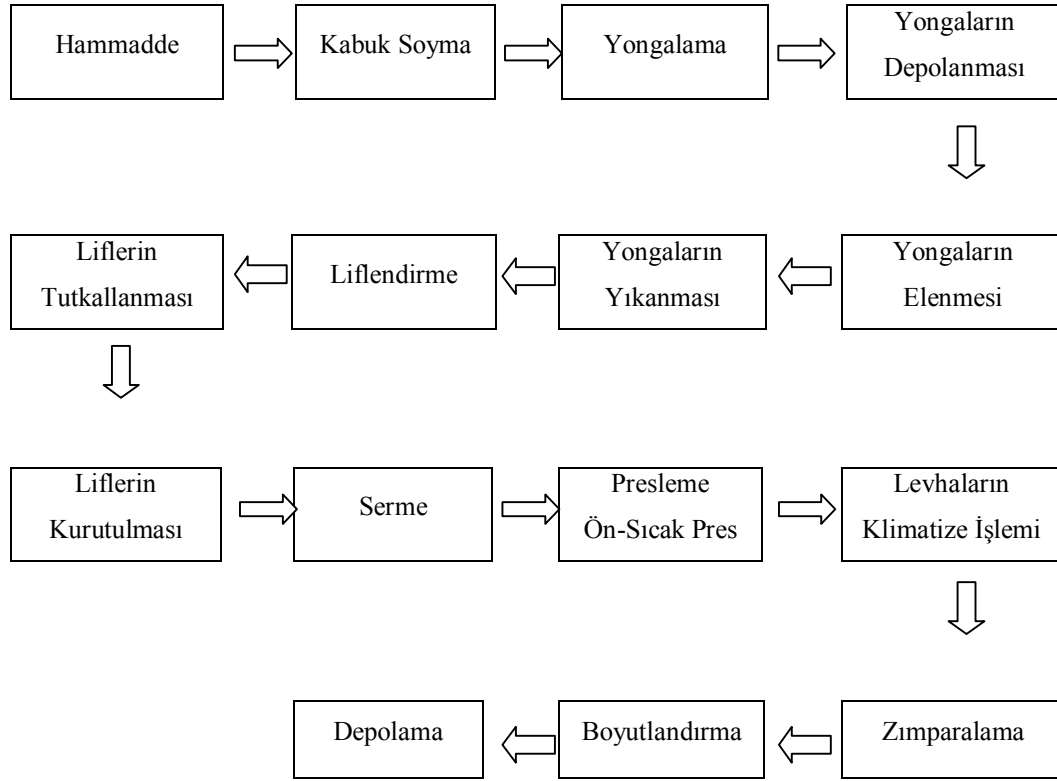
a- Yaş yöntem

b- Kuru yöntem

c- Yarı-kuru yöntem

Lif rutubeti kullanılan yöntemle ilgili olarak değişkenlik gösterir. Yaş yöntemde lif rutubeti %100 ve daha fazla, yarı-kuru yöntemde %45–12 ve kuru yöntemde %5–10'dur. Üretimde su kullanılması, lif malzemenin taşınması içindir. Yarı-kuru ve kuru yöntemde, bu taşıma işlemi hava ile yapıldığından (pnömatik sistem) su yoktur (Eroğlu, 1988).

Yaş yöntemde, lif malzemenin bünyesine almış bulunduğu suyun atılması esnasında, altta elekler kullanılması nedeniyle, levhaların bir yüzeyinde elek izleri vardır. Kuru yöntemde ise, levha taslağının oluşturulmasında havalı sistem kullanıldığından, bu yöntemle elde edilen lif levhalar, aynı yonga levhalar gibi çok katlı (tabakalı) olabilmektedir. Bu yöntemle elde edilen levhaların iki yüzeyi de düzgündür. Kuru yöntemle lif levha üretim şeması Şekil 1.1' de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Lif Levha Üretimi-Kuru Yöntem (Anonim, 1987)

Lif levhaların kullanımındaki temel ilkeler:

1. Ağaç işleri sektöründe; pres kapı, dolap arkılığı, çekmece altlığı, asma tavan vb. yerlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Extra sertlikteki lif levhalar taban döşemelerinde de kullanılabilir.
2. Okul, sinema, stüdyo, tiyatro, büro vb. yerlerin duvar kaplamasında, özellikle akustik problemlerin çözümü için kullanılmaktadır.
3. Sabit mobilyalarda kullanılacak olan lif levhalar, kullanılmadan önce monte edileceği yerde 24–48 saat bekletilerek higroskopik denge sağlanmalıdır.
4. Lif levhaların yapıştırılmasında özel bir tutkala gerek yoktur. Ağaç işlerinde kullanılan herhangi bir tutkalla yapıştırma işlemi yapılabilir.
5. Büyük kavisli eğmeçli işlerin yapımında, lamine olarak kullanılma olanağı vardır.
6. Geniş yüzeyli levhaların tutturulmasında, ortadan kenarlara doğru sabitleme işlemi yapılmalıdır. Tuturma işleminde vida ya da iri başlı çivi kullanılmalıdır.
7. Parkecilikte kullanılan extra sert lif levhalar beton veya ağaç zeminlere tutturulabilir. Ancak zeminin rutubetli olmaması gereklidir. Yapıştırma işlemi koyu kıvamdaki tutkalla,

ziftle veya özel yapıştırıcılarla yapılabilir. Tutkallama işleminden sonra yüzeye kum torbaları konulmak suretiyle, ağırlık altında tutkalın sertleşmesi sağlanır.

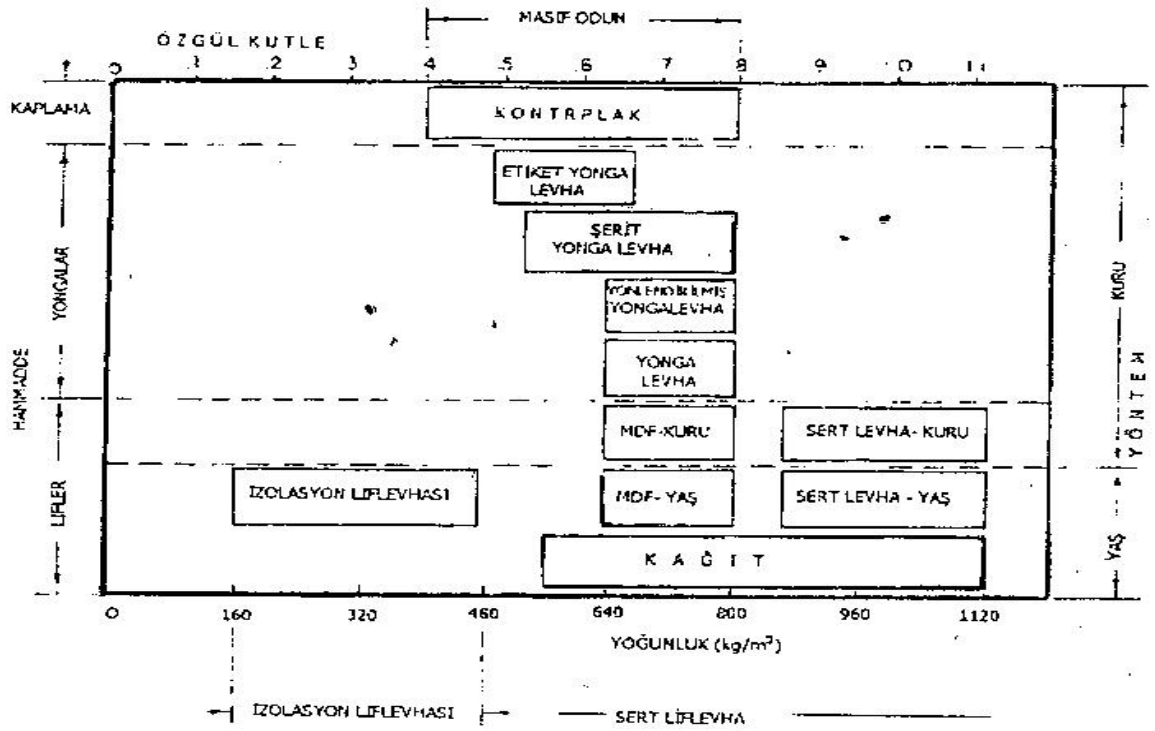
8. Lif levhalar duvara monte edilecekse, hava akımını sağlamak için, duvar ile levhalar arasında 1–2 cm. boşluk bırakılmalıdır.

9. Çeşitli sıvı maddelere karşı (su, kolalı içecekler, yağ, sirke, mürekkep, ispirto, benzin v.s) yüzeyi korumak için, extra sertlikte lif levhaların bir yüzeyi kimyasal sentetik malzemeyle kaplanmıştır. Bu yüzey; darbelere, sigara ve kibrit ateşine karşı oldukça dayanıklıdır.

10. Lif levhaların bir yüzüne çeşitli desenler de basılmak suretiyle, piyasaya desenli lif levhalar sunulmaktadır.

11. Lif levhalar, mobilya yapımında, arkalık, çekmece altlığı, çerçeve konstrüksiyonlarda (çerçeve kapak) boşluk kapatma elemanı olarak ucuzluğu nedeniyle yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca; döşemecilik de klapa olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Burdurlu, 1994).

Lif levhalar yoğunluklarına, hammadde türlerine ve üretim yöntemlerine göre de sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırma Şekil 1.2' de verilmiştir.



Şekil 1.2. Odun kompozitlerinin partikül boyutu, yoğunluk ve üretim tipine göre sınıflandırılması (Suchsland ve Woodson, 1986)

1.3. Parke ve Parke Sınıfları

Parke masif ağaçtan veya odun esaslı levhalardan değişik boyut ve biçimlerde üretilen döşeme kaplama malzemesidir (As, 1998).

Parkeler 3 sınıfta incelenebilir:

- 1- Masif parke
- 2- Lamine parke
- 3- Laminat parke

1.3.1. Laminat Nedir

Reçine emme yeteneği olan kağıtların termosetting özellikteki melamin formaldehit reçinesi emdirilmiş dekor ve fenol formaldehit reçinesi emdirilmiş kraft kağıtlarının üst üste konularak sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ile elde edilen yüzey kaplama malzemesidir (Karayılmazlar, 2001).

1.3.2. Laminat Parke

Laminat parke alt ve üst yüzeyleri termoset reçinelerle emprenye edilen kağıtların oluşturduğu levhalarla kaplanmış, orta tabakada yonga levha, lif levha (MDF–HDF) vb. gibi taşıyıcı bir tabakanın bulunduğu yüzeyi düzgün, kenarları birbirine paralel, baş ve yan kısımlarına lamba ve zıvana açılmış döşeme kaplama malzemesidir (TS EN 13329, 2006).

Yıllar boyunca, en beğenilen döşeme kaplaması ahşap olmuştur. Ancak, ahşap pahalı olduğu gibi, dayanım ömrü de sınırlıdır. Masif ahşap, pahalı profesyonel bakımlar gerektirmesinin yanı sıra, kullandıkça da yine sorunlar ortaya çıkmaktadır. Çürümeye karşı bir önlem olarak ahşaba çoğu kez uygulanan emprenye maddeleri, insanların sağlığı için zararlı etkisi olan kimyasalları içerir (URL, 2011a).

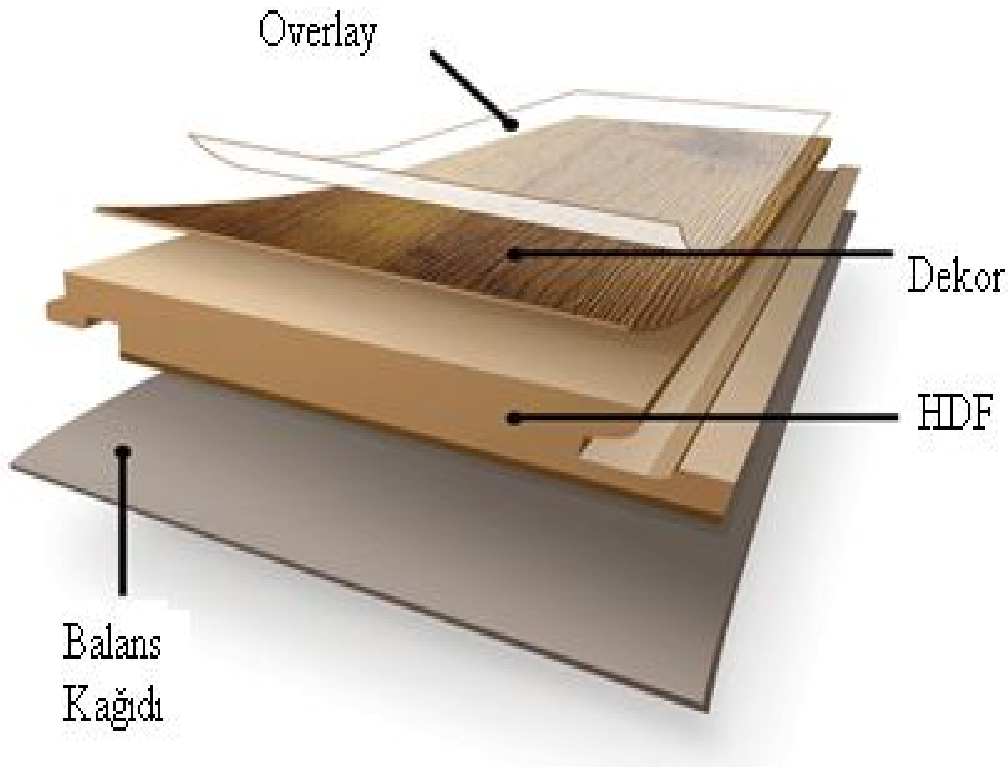
Masif ahşap ürünlerin, fiyatlarının sürekli artmasından başka, ağaç kesmenin çevreye verdiği olumsuz etkiler, bilim adamlarını, ahşap işleme konusunda yeni teknolojiler geliştirmeye zorlamıştır. Bunun sonucunda, HDF (High Density Fiberboard) veya yonga levha (Particle board) gibi ahşap kökenli malzemeler pazara girerek, masif ahşabın yerini başarıyla almıştır. Laminat parke; melamin esaslı dekoratif kağıt, alüminyum oksitli örtü tabakası, rutubete dayanıklı taşıyıcı öz (HDF, liflevha ve bunların tutkalla yapıştırılmış türevleri) ve özün alt tarafına yapıştırılmış gerilmeleri dengeleyecek bir balans tabakasından oluşmaktadır. Lamba ve zıvana parkenin öz kısmında yer almaktadır (URL, 2011a).

Laminat parkenin kalitesi; üretim teknolojisi ve özelliklerinin yanı sıra HDF' nin (taşıyıcı tabaka) yoğunluğuna, overlay (koruyucu) tabaka kalınlığına ve melamin emdirilmiş balans tabakasına (nem tutucu) bağlıdır. HDF (yüksek yoğunluklu lif levha) denilen levha kimyasallarla karıştırılıp yüksek basınç ve ısı altında preslenmiş odun lifleridir. Genel kanının aksine, laminat parkenin kullanım ve dayanımında ürün kalınlığının hiçbir önemi yoktur. Kalitesiz bir overlay kullanılarak üretilen bir ürünün yüzeyinde oluşacak problemler ürünün kalınlığından bağımsızdır (URL, 2011b).

Laminat parke genelde 8 mm kalınlık 870 gr/cm^3 den fazla özgül ağırlığı olan odun liflerinden üretilir. Lamba zıvana açılması, kalite kontrol ve paketleme aşamalarından sonra piyasaya sürülür (URL, 2011b).

1.3.3. Laminat Parke Bileşenleri

Parke yüzeylerinin kaplamasında kullanılan laminatlar, yüksek basınçta sıkıştırılmış dekoratif levhalar (HPL) grubuna girmektedir (TS EN 438-1, 2001). TS 1947'ye göre yüksek basınçta sıkıştırılmış dekoratif levha, kağıt gibi lifli tabakaların termoset reçinelerle emprenye edildikten sonra uygun sıcaklık ve 5 Mpa' dan daha büyük basınç altında sıkıştırılması ile elde edilen, bir veya iki yüzü dekoratif kağıtla kaplanmış levhalardır.



Şekil 1.3. Laminat Parkenin Bileşenleri

1. Overlay kağıdı (Koruyucu Tabaka)

Üst yüzeyde parkenin yüksek yüzeysel direnç (aşınma sertlik, çizilme, dik yöndeki basınç), dayanıklılık(kimyasal maddelere, suya, sigara ateşine, güneş ışınlarına) ve zengin renk, desen özellikleri kazandıran, selülozik esaslı, içinde parkeyi aşınma ve çizilmeye karşı korunmasını sağlayan alüminyum oksit parçaları bulunan katmanıdır. Bu tabakanın amacı dekor kağıdı ile oluşturulan yapıyı örtmek ve koruyuculuk yapmaktır (URL, 2011c).

2. Dekor kağıdı (Desen katmanı)

Dekoratif baskılı, gramajı 60–125 gr/m² olan melamin reçine emdirilmiş kağıtlardır (Aksu, 2009). Laminat parkeye sonsuz renk ve desen özelliği verebilen kağıt film tabakasıdır. Ağaç desenlerinin fotoğraflarının ileri teknoloji ile desen kağıdı tabakası olarak basılmasıdır. Kağıt tabakası istenilen her renk de yapılabilir. Yapılma tekniği; kağıt tabakaya reçine emdirilmesi ve reçine emdirilmiş (emprenyelenmiş) ürünün fırında kurutulması işlemidir. Reçine malzemeleri olarak melamin formaldehit ve üre formaldehit kullanılmaktadır. Her türlü renk ve desende üretilebilir. Kaliteli odun hammaddesinden üretilen ileri teknoloji ile print edilen kağıt film tabakasıdır. Dekor kağıtları;

a-) Emprenye edilmiş sentetik kaplamalar

b-) Önceden emprenye edilmiş sentetik kaplamalar

c-) Sonradan emprenye edilmiş sentetik kaplamalar olmak üzere üç çeşittir (Malkoçoğlu,1999).

3. HDF tabakası

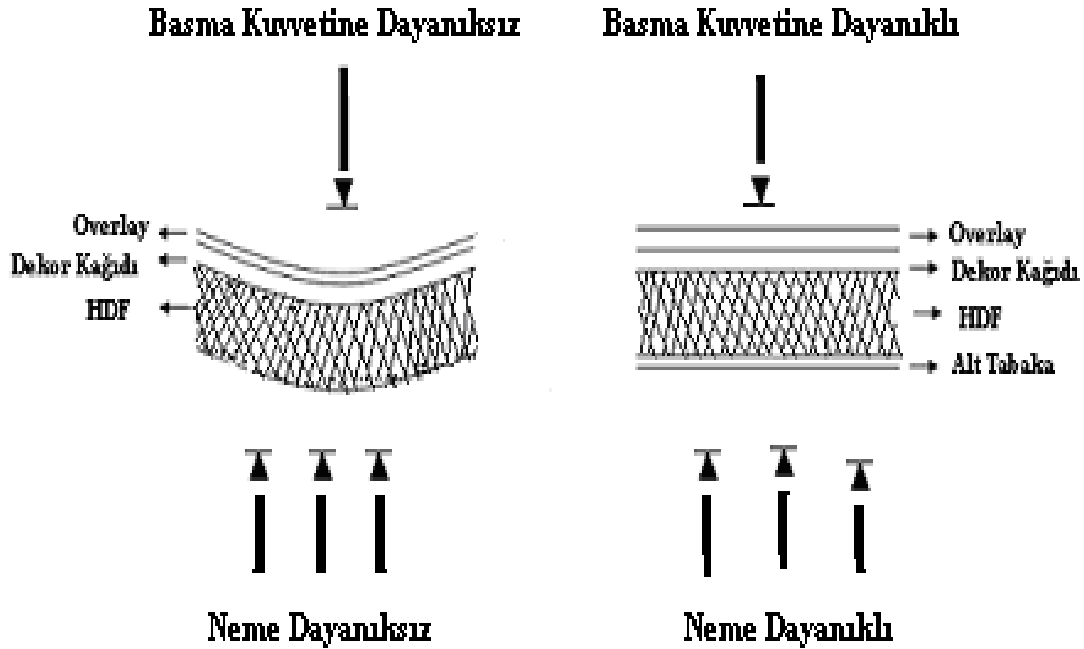
HDF (High Density Fiberboard: Yüksek yoğunluklu lif levha): Odun liflerinden üretilmiş ağaç esaslı levhadır. HDF-levhalar esasen laminat döşemeler için taşıyıcı levha olarak kullanılmaktadır. Bunların çok homojen bir yapıya sahip olup düzgün yüzeylidir. Bu nedenle HDF levhalar direkt astarlanabilir, basılabilir, kaplanabilir ve cilalanabilirler. Kontrplaklar ve MDF-levhalara göre, daha yüksek yoğunluk bulunmaktadır ve böylece de daha iyi bükme ve çekme dayanıklılığı vardır. Şişme etkisi hususunda da kontrplaklardan daha üstündürler. Optik ve karakteristik olarak MDF levhalara çok benzemekle beraber çok daha üstün direnç özelliklerine sahiptir (URL, 2011d).

4. Balans kağıdı

Laminat parkenin stabilizasyonu sağlayan, nem, rutubet ve çarpılmadan koruyan selülozik kağıt film tabakadır. Bu selülozik film kaplı balans kâğıdı parkenin alt yüzeyine su ve rutubetten etkilenmemesi için yapıştırılır (URL, 2011e).

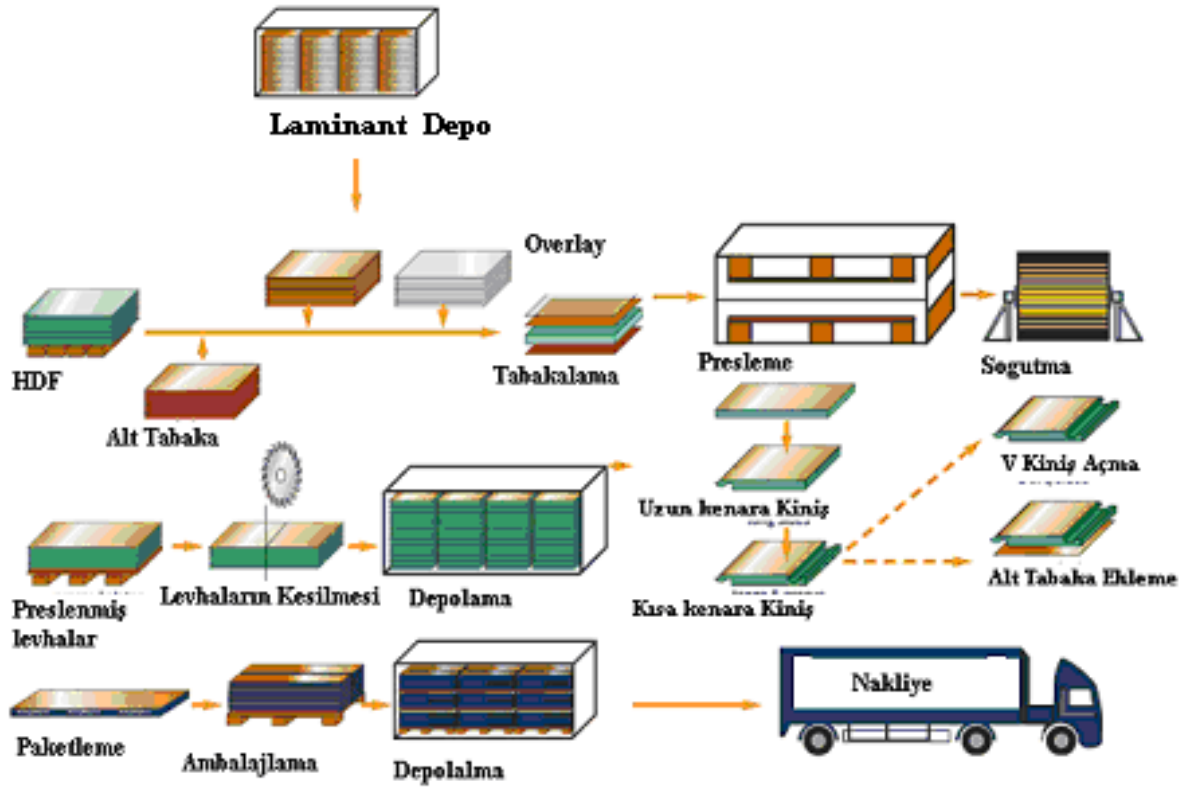
Emprenye edilerek hazırlanmış kağıt katmanlar taşıyıcı levha üzerine levha türü ve reçine özelliklerine göre değişiklik göstermekle birlikte genellikle 200 °C sıcaklık, 35–37 kg/cm² basınç altında 17–35 sn süre ile preslenmektedir. Üretilen laminat kaplı levhalar parke genişlik ve uzunluklarına göre uygun makinelerde ölçülendirilerek kenarlarına ekleme profili açılmaktadır.

Balans kâğıtları reçine ile emprenye edilmiş kağıtlardan oluşmaktadır. Balans kağıtları öncelikle laminat panellerinin alt tarafında, üst tarafta bulunan overlaya, dekorlu kağıda ve gerekirse kraft kağıdına (HPL' de) olan gerilim dengelemesini sağlamak için kullanılırlar. Eğer bir taşıyıcı levha sadece tek taraflı olarak, örneğin laminat ile kaplanacak olursa, o zaman taşıyıcı levha tek taraflı nem almadan dolayı (alt taraftan) bükülebilir. Şekil 1.4' de bu durum gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Balans kağıdı tabakasının önemi (URL, 2011f)

Laminat parkenin üretim aşamaları



Şekil 1.5. Laminat döşeme üretim aşamaları (URL, 2011g)

1.4. Laminat Sınıfları

Laminatlar pres ve üretim tekniğine ve uygulama özelliklerine göre sınıflandırılır:

1.4.1. Pres ve Üretim Tekniği Bakımından Sınıflandırılması

Laminatlar pres ve üretim tekniği bakımından iki ana gruba ayrılabilir; High pressure laminates ve continuous pres laminates.

a-) High Pressure Laminates (HPL):

Plakalar halinde üretilip preslenen, yüksek basınç laminatları, HPL olarak isimlendirilirler. Günümüzde en çok tercih edilen bu laminat türü, çok katlı preslerde yüksek basınç ve ısı etkisiyle kütlelerin molekül yapısının bütünleşmesini çok iyi sağlamaktadır. Presleme şartları yaklaşık olarak;

Basınç: 90 – 100 kg/cm²

Sıcaklık: 160 – 170 °C

Süre: 60 – 90 sn' dir (Nemli, 2000).

b-) Continuous Press Laminate (CPL):

CPL düşük basınç laminatları olup sürekli, bobin ya da rulo laminatı olarak isimlendirilir. Emprenyeli kağıtlar ebatlanmadan bobin halinde makineye bağlanır, iki merdane arasına gerili olarak çalışan çelik bantlar arasında basınç ve ısı etkisiyle üretilir. İşlem sonunda mamul bobine sarılarak satışa sunulur. Presleme şartları yaklaşık olarak;

Basınç: 20 – 25 kg/cm²

Sıcaklık: 160 – 170 °C

Süre: 30 – 60 sn' dir (Nemli, 2000; Dikerler,1999).

1.4.2. Uygulama Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Uygulama özelliklerine göre laminatlar 3' e ayrılırlar; postforming laminat, standart laminat, kompakt laminat.

a-) Postforming Laminat:

Isıtmak suretiyle şekillendirilebilme özelliğine sahip dekoratif laminatlardır. Dikey düzlemde kullanılmaya elverişli, şekillenme özelliğinde olan ve 0.5–1.5 mm kalınlığı olan bu laminatlar daha fonksiyonel olduklarından standart laminatlara oranla daha çok tercih edilmektedir. Postforming laminatlar, ortalama 20°C sıcaklıkta %50–60 rutubette 6 ay muhafaza edilebilmektedir (Gentaş, 2001).

b-) Standart Laminat:

Yatay düzlemde kullanılmaya elverişli preslenmesi esnasında reaksiyonunu tamamlamış, şekillenme özelliği olmayan 0.5–1.5 mm kalınlığı olan laminattır. Bükülmeye gerek duyulmayan düz zeminlerde kullanılırlar. Standart laminatlar, ortalama 20°C sıcaklıkta %50–60 rutubette iki yıla kadar muhafaza edilebilecek düzeyde dayanıklılık gösterirler (Gentaş, 2001).

c-) Kompakt Laminat:

İç kısımda kalınlığı kullanılan sayıya göre değişen fenol reçine ile emprenye edilmiş kraft kağıtların kullanıldığı, üst tabakada ise melamin reçine ile emprenye edilmiş dekoratif kağıtların oluşturduğu laminattır. Yatay ve dikey düzlemde kullanılmaya elverişli, kalınlığı 1-20 mm arasında olabilmektedir (Merev, 1998). Özellikle şiddetli çarpmalara ve neme dayanıklı olan kompakt laminatlar, duş kabinlerinde, mutfak tezgâhlarında ve dış cephelerde kullanılmaktadır.

1.4.3. Yüzey Şekillerine Göre Sınıflandırılması

a-) Desenlerine Göre

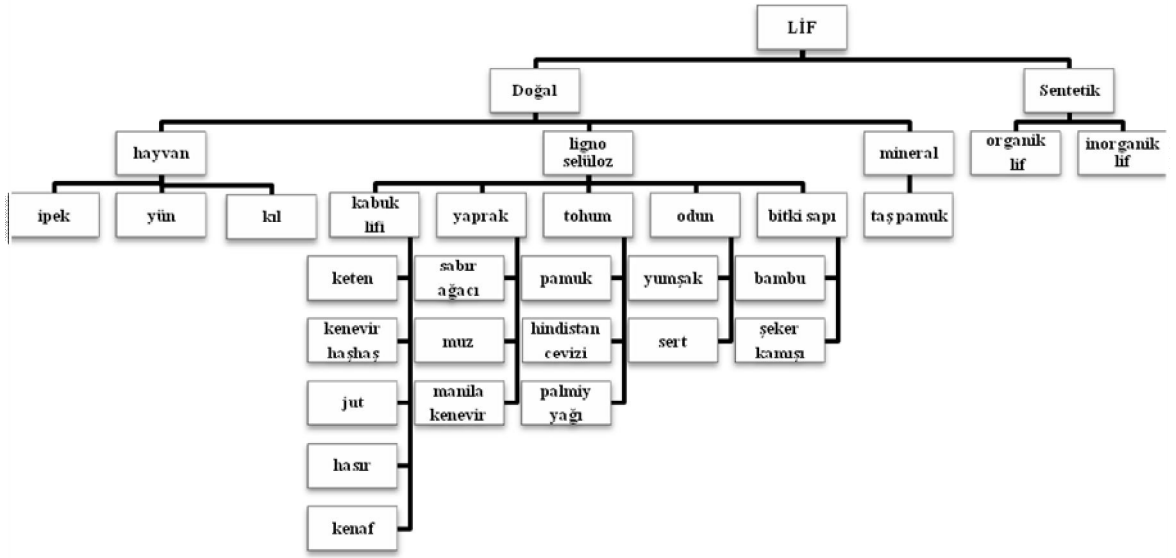
- Düz desenler
- Ahşap desenler
- Fantezi desenler
- Tezgâh desenler

b-) Yüzey Şekillerine Göre

- Parlak
- Mat
- Velur
- Saten
- Bute
- Quarz
- Ahşap
- Karo
- Diyagonal (Ayla, 1999; Gentaş, 2001).

1.5. Orman Endüstrisinde Kullanılan Lif Hammaddesi Kaynakları

Masif ağaç malzemeye alternatif olarak üretilen lif levhaların hammaddesini lignoselülozik lifler oluşturmaktadır. Orman endüstrisinde kullanılan liflerin elde edildiği kaynaklar Şekil 1.6' da belirtilmiştir. Şekil 1.6' da görüldüğü üzere lifler doğal ve sentetik lif olmak üzere iki yolla elde edilebilmektedir. Doğal lif hammadde kaynakları hayvanlar, mineral ve lignoselülozik maddelerdir. Hayvan hammadde kaynakları ipek, yün ve kıl; lignoselülozik hammadde kaynakları kabuk, yaprak, tohum, odun, bitki sapı; mineral hammadde kaynağı ise taş pamuğudur. Sentetik hammadde kaynakları ise organik ve inorganik lif maddeleridir. Orman endüstrisinde kullanılan lif hammadde kaynakları detaylı olarak Şekil 1.6' da belirtilmiştir.



Şekil 1.6. Liflerin sınıflandırılması (Lilholt ve Lawther, 2000)

1.6. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Bozunma Türleri

Odunun doğal bozunma prosesine müdahale edilerek, odunun yapısında meydana gelebilecek değişimleri önlemek, uzun ömürlü ve dayanıklı lignoselülozik kompozitler üreterek endüstriyel anlamda daha etkili kullanmak mümkün olacaktır. Odunun bozunma reaksiyonlarının sınıflandırılması şu şekildedir:

1- Kimyasal bozunma: Asitler, bazlar, tuzlar varlığında oksidasyon ve hidroliz reaksiyonlarını kapsar. Örnek olarak nitrik asit, nitratlar, kloratlar, alkaliler, fenol, kalsiyum ve çinko tuzları, kuvvetli bazik tuzlar, sodyum sülfid ve sodyum karbonat gibi kimyasallar odunun yapısını bozmaktadır (Günay, 2007).

2- Biyolojik Bozunma: Oksidasyon, hidroliz ve indirgeme şeklinde olan bu bozunmaya sebep bakteri, mantar, böcek, termit gibi biyolojik varlıklardır. Yangın kadar tahrip edici olmamakla beraber, kullanıldığı yerde değiştirilmesi işlemi zor ve pahalı bir işlemi gerektirir (Günay, 2007). Organizmalar, lignoselülozik maddelerin hücre çeperi içerisindeki karbonhidrat polimerlerini enzim sistemleri sayesinde hidroliz etmektedir. Bu selüloz yapısının bozunması, lignoselülozik maddelerin direncinde önemli rol oynayan kristal selülozun hücre çeperininin zayıflamasına neden olmaktadır (Rowell, 1995).

3- Havayla Bozunma: Oksidasyon ve hidroliz yoluyla havanın sıcaklık, su, rüzgâr ve UV ışınları etkisinin lignoselülozik maddelerde neden olduğu bozunma şeklidir (Rowell, 1995). Ağaç malzemedeki ışık karşısındaki görülen renk bozunması, UV absorpsiyonu altında hücre çeperinin temel bileşenlerinden ligninin kimyasal yapısının değişmesindedir (Sönmez, 2002). Selüloz liflerinin arasında bağlayıcı etki yapan ligninin içerdiği kromoforik gruplar renk değişikliğine sebep olarak foto bozunmaya yol açarlar. Ortam etmenleri arasında da en önemlisi foto bozunma ve UV ışınlarıdır (Fengel ve Wegener, 1984). Lignine oranla ultraviyole ışınlarına daha az hassas olan selüloz, ligninin bozunması ile birlikte odun yüzeyine çıkmaktadır (Rowell, 1995; George ve ark., 2005; Golbabaie, 2006).

4- Mekanik Bozunma: Yağmur, dolu, kar, kum, toz gibi dış etkenlerle birlikte yüzey parçacıklarındaki gerilim, çatlak, aşınma, kırılma meydana gelmesiyle oluşan bozunma şeklidir (Rowell, 1995).

5- Termal Bozunma: Güneş, şimşek ve insan gibi dış faktörlerle birlikte, çeşitli sıcaklıklara maruz bırakılmak suretiyle oluşan bozunma şeklidir. Bu bozunmada dehidrasyon, hidroliz ve oksidasyon reaksiyonları gerçekleşmektedir (Rowell, 1995).

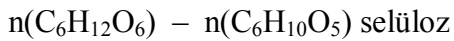
1.7. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Yanma Özellikleri

Gerek masif halde gerekse kompoze ürünlere dönüştürülerek değerlendirilebilen odun, yapısına dıştan fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyokimyasal müdahale imkânı olan ender maddelerdendir. Özgül ağırlığının diğer yapısal materyallere oranla düşük olmasına karşılık, özgül ağırlığına oranla direnci oldukça yüksektir. Alet ve makinelerle kolay işlenir. Isı ve elektriğe karşı yalıtım maddesi olarak kullanılabilirdiği gibi arzu edilen derecede akustik özelliğe sahiptir (Bozkurt, 1986). Teknolojik bakımdan çok faydalı özelliklere sahip ağaç malzemenin arzu edilmeyen sakıncalı bir takım özellikleri de vardır (Bozkurt ve ark., 1993). En büyük sakıncalarından bir tanesi de hiç kuşkusuz kolay tutuşmaları ve yanmalarıdır (Stevens, 2006). Odun ve oduna dayalı materyaller karbon ve hidrojenlerden oluşurlar. Bunun için yanıcı olma özelliği gösterirler (Ching-Mu ve Wang, 1991). Odun ısıtıldığı zaman tutuşabilen uçucu gazların alev üretmesi sonucu yanar. Odunun kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275°C' ye kadar artması gereklidir. Ama bir alev kaynağının olması durumunda daha düşük sıcaklıkta tutuşabilir (Levan ve Winandy, 1990; Yalınkılıç ve ark., 1997).

Ağaç malzemenin yanma özelliği, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde tüm kimyasal bileşikler etkili olmaktadır. Odunun tutuşma kabiliyeti, rengi, yoğunluğu, kokusu, tadı ve basınç direncine karşı dayanıklılığı ekstraktif madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Odunda ekstraktif madde miktarı azaldıkça yanma kabiliyeti de azalmaktadır. Lignin ve inorganik madde (kül) oranındaki artış yanma direncini azaltmaktadır.

Yanma, kimyasal bir olay olup yüksek sıcaklık derecelerinde oluşur ve yanma sonucunda fotosentez ile depo edilmiş ısı enerjisi açığa çıkar. Kısacası yanma, fotosentezin tersi bir olaydır. Bu olayların kimyasal reaksiyonları aşağıda belirtilmiştir:

Fotosentez:



Yanma:



Fotosentez olayında enerjinin oluşması yavaş olmasına karşın yanma olayında enerji çok çabuk açığa çıkmaktadır (İlhan, 1988).

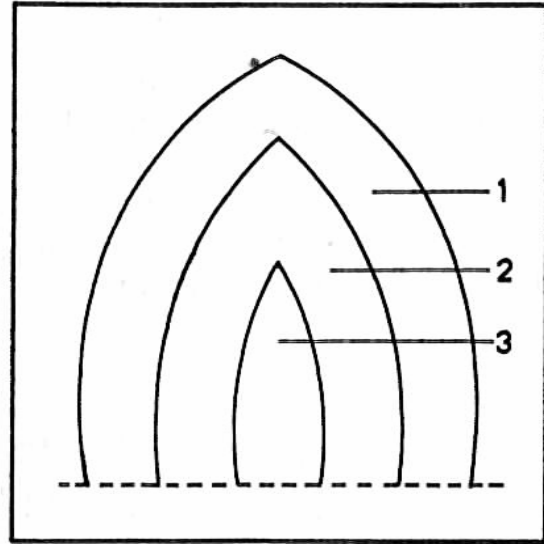
Bununla birlikte herhangi bir tutuşturucu alev kaynağı varlığında çok daha düşük sıcaklıklarda tutuşarak yanabilmektedir. Oksijen, ısı kaynağı ve yanabilir madde üçlüsünden birinin olmaması durumunda tutuşma olmaz (Baysal, 2003). Yanma için uygun ortam oluştuğunda yanma hızla gelişerek kalıcı bir bozunma meydana getirmektedir. Yanma dayanımına ise odunun hücre çeperi içerisindeki bileşenleri tesir etmektedir (Grexa, 2000; Ellis ve Rowell, 1989).

1.8. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Yanma Olayı ve Mekanizması

İnsanoğlunun yaşamına, ister yıldırım düşmesi sonucunda ister kuru ağaç dallarının birbirine sürtünmesi sonucu oluşan ateş yaşamımızın çok önemli bir parçası olmuştur. Uygarlığın bugünkü aşamaya gelmesinde ateşin yeri tartışmasız büyüktür. Bu olumlu yönlerine karşın denetimden çıktığı andan itibaren ateş, yangını oluşturur (Kordina ve Meyer-Ottens, 1977).

Yanma esnasında görülen alevin oksijen alan dış yüzeyi parlayan, ışık saçan gaz akımıdır. Bu yanma bölgesi altında tam bir yanmanın olmadığı parlama bölgesi ve çekirdekte ise halen yanmaya girmemiş yanıcı gazlar mevcuttur. Şematik olarak Şekil 1.7' de gösterilmektedir (Uysal,1997).

- 1- Yanma Bölgesi
- 2- Parlama Kısım ve Yanış Bölgesi
- 3- Gaz Bölgesi

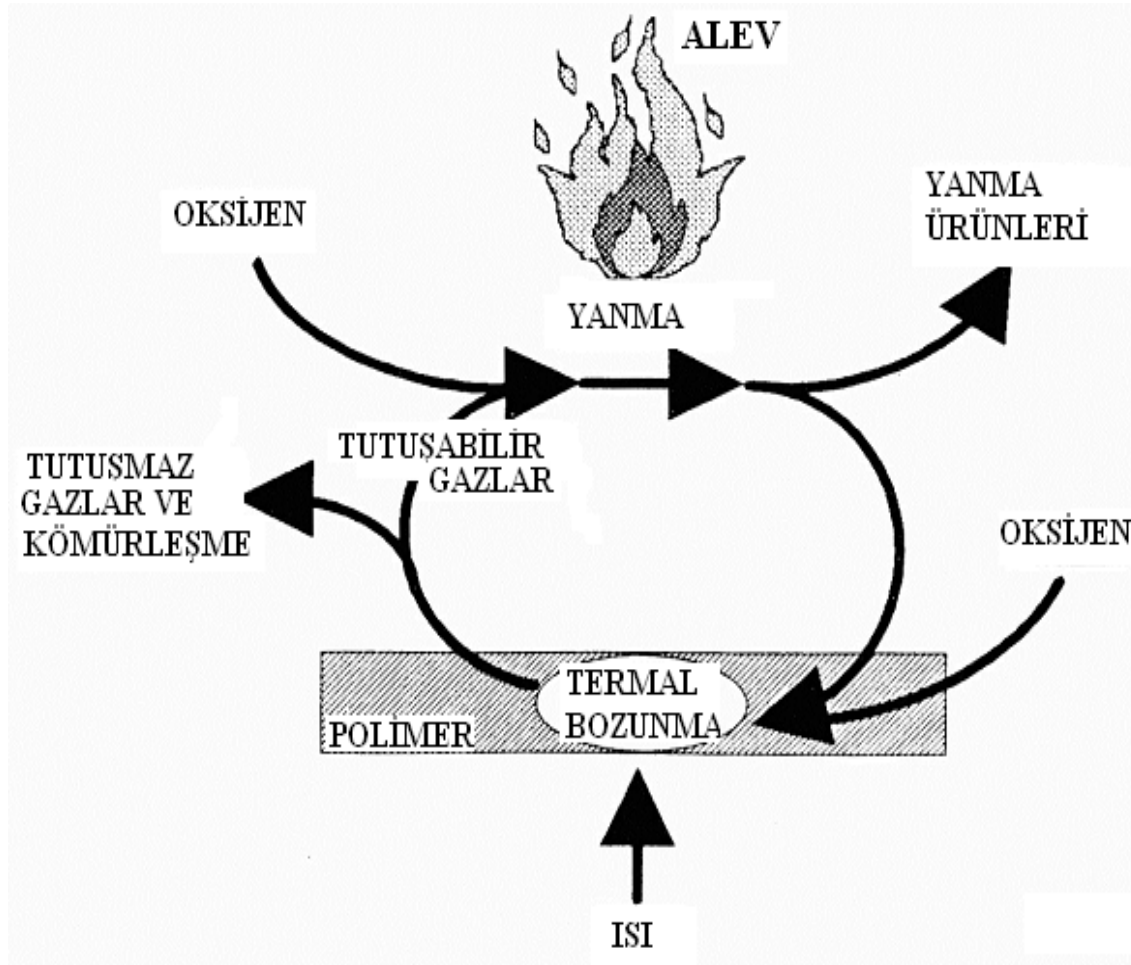


Şekil 1.7. Bir alevdeki gaz ve yanma bölgelerinin şematik gösterilmesi (Uysal 1997)

Odunun yanması için O_2 , alev kaynağı ve yanıcı materyal gereklidir. Bir maddenin yanabilmesi için havanın en az %14–18 oksijen içermesi gerekir. Normal şartlarda havadaki oksijen oranı %21'dir (Uysal 1997). Odun yanması olarak şekillenen kömür ve kayda değer ısı iletimi özelliğinin sonucu olarak mükemmel bir doğal yanma direncine

sahiptir. Odunun tutuşabilirlik özelliği yanmayı geciktirici kimyasallar ile azaltılabilir (Mitchell, 1993; Nassbaum, 1988; Ellis, 1989; Winandy ve Schmidt, 1995).

Bir polimerik malzemenin yanması, yoğun faz ve gaz fazında veya iki faz arasındaki ara yüzeyde, birbiriyle veya bağımsız aşamalarında meydana gelen bir seriyi içeren çok karmaşık bir süreçtir. Polimerin yanma mekanizması içindeki en önemli basamağı, yakıt üretim kademesi oluşturmaktadır. Bu kademedeki kimyasal bağlar bozularak ve üretilen uçucu fragmanlar sonuçlanarak, harici ısıtma kaynağı polimer sıcaklığını artırır. Bu karışım, alev konsantrasyonu ve sıcaklığına ulaştığı zaman, bu fragmanlar tutuşur ve alev alabilir karışıma yeterli olması için çevrelenen hava içine yayılır. Alevlenen yanma, yoğun faz için yeterli ısı enerjisini geri besleyerek üreten ekzotermik gaz fazını sağlayarak devam eder. Geri besleme ısı polimerde ayrışabilir, bu yüzden daha fazla yakıt üretilir. Bu yüzden yanma döngüsü korunur ve sürdürülür. Aşağıda Şekil 1.8’ de yanma döngüsü sistematığı görülmektedir



Şekil 1.8. Yanma Döngüsünün Sistematığı (Wang, 2000).

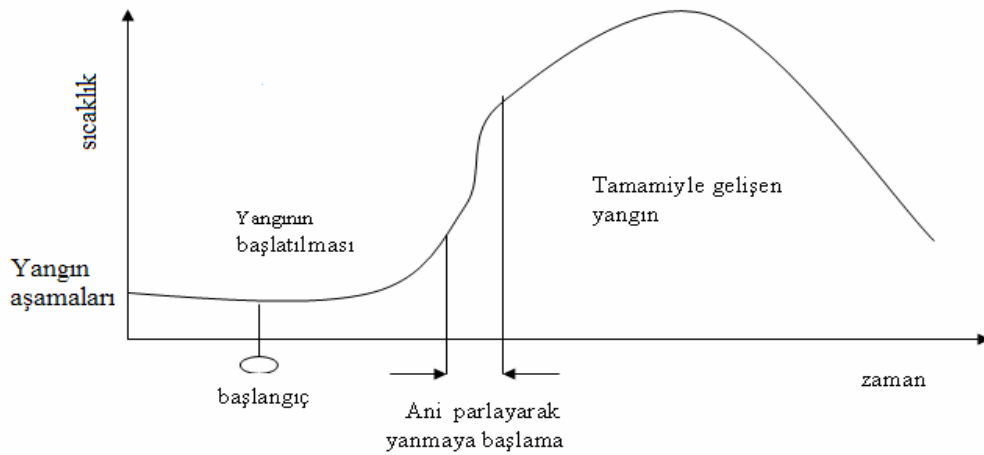
Yanma kademeleri şu şekilde oluşur:

1- Tutuşma Kademesi: Isı henüz yeterli değildir, duman bol olarak çıkar, ısı verir ve yarım yanma olayı gerçekleşir.

2- Alev Yayılma Kademesi: Yanmanın tam olarak gerçekleştiği, sıcaklık, ısı ve ışığın fazla olduğu, dumanın ise az olduğu kademedir.

3- Kor Haline Gelme Kademesi: Alev yayılma kademesinin sona erdiği, oksijenin olmadığı, çok yoğun şekilde duman ve uçucu gazların olduğu kademedir.

Yangın olayı; yangının başlaması, tamamen gelişmesi ve yangının azalması olarak üç aşamalıdır. Zaman–sıcaklık eğrisi yangının temel parametreleri ile ilgisi olan bu üç fazı aşağıdaki Şekil 1.9’ da görüldüğü gibi tanımlar.



	Tutuşturucu kaynaklar Tutuşabilirlik yanabilirlik	Alev Yayılımı Isı yayılımı(salınımı)	Yanma Penetrasyonu
Riskler	Duman, toksik etki, korozyon		

Şekil 1.9. Yangının zaman–sıcaklık eğrisi (Troitzsch,1998).

1.9. Odunun Yanma Performans Karakteristikleri

Odun, ısı ve havaya maruz kaldığı zaman yanar. Odunun termal bozunması kademeler halinde meydana gelir. Bozunma süreci ve termal bozunma ürünleri sıcaklık kadar ısıtma oranına da bağlıdır. Odunun tutuşma ve yanma olayı kademeleri şöyledir:

a) Isıya tepki veren odun, uçucular ve kömür içinde ayrışır veya pirolize uğrar. Kömür 300 °C' den daha az sıcaklıklarda baskın ürün olurken, uçucular 300°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda daha fazla belli olurlar.

b) Eğer uçucu-hava karışımı 400–500 °C aralığında ise yanabilen bazı uçucular tutuşabilir. Bu tutuşabilen gaz fazı alev olarak görünür.

c) Havalandırma ile karbon oksidasyonu 360–520 °C' de bildirilen iki pik noktası ile 200 °C civarında önemli olur. Bu karbon oksidasyonu yalnız kül kalana kadar, kendi kendine yanma veya kor halinde yanma olarak görünür. Eğer alevli yanma karbon yüzeylerine taze havanın sağlanmasını engellerse, katı faz yanması ilerlemeyecektir (Robert ve Dietenberg, 2005).

a-) Tutuşma

Odun yeterli oksijene sahip olan atmosfer şartlarında, yeterli ısıya sahip olduğu zaman tutuşur. İki türlü tutuşma olabilir. Bunlar uçucu ve uçucu olmayan tutuşmalardır. Uçucu tutuşma alev kaynağının yani kıvılcım veya alevin varlığında olan tutuşmadır. Uçucu olmayan tutuşma ise uçucu olmayan kaynakların ulaşabildiği yerlerde meydana gelen tutuşmadır. Odun yüzeyi, ateş veya diğer ısıtılan nesnelere enerji veya sıcaklık akışı yoluyla tutuşabilir. Bu ısı ve enerji akışı hem taşınım hem de ışınım bileşenleri olabilir. Tutuşma sıcaklığı, ısıya maruz kalma ve çevre şartları gibi birçok faktöre bağlı olarak etki altındadır (Robert ve Dietenberg, 2005). Bu faktörler odun türü, yoğunluğu, rutubet miktarı, kalınlık ve yüzey alanı, yüzey absorbe özelliği, piroliz karakteristikleri, ısı iletkenliği, spesifik ısı ve ekstraktif içeriktir. Tutuşma sıcaklığını etkileyen çevre şartları ise; maruz kalma süresi ve tekdüzelik, ısıtma oranı, oksijen miktarı, hava sirkülasyonu ve havalandırma, odun elementi ve üyelerinin maruz kalmasını çevreleyen uzay geometrisi ve sınırlandırılma derecesi, bitişik temas materyallerin sıcaklığı ve karakteristiği ve var olan radyant enerji miktarıdır (Browne, 1958; Kanury, 1972).

b-) Isı Salıverme

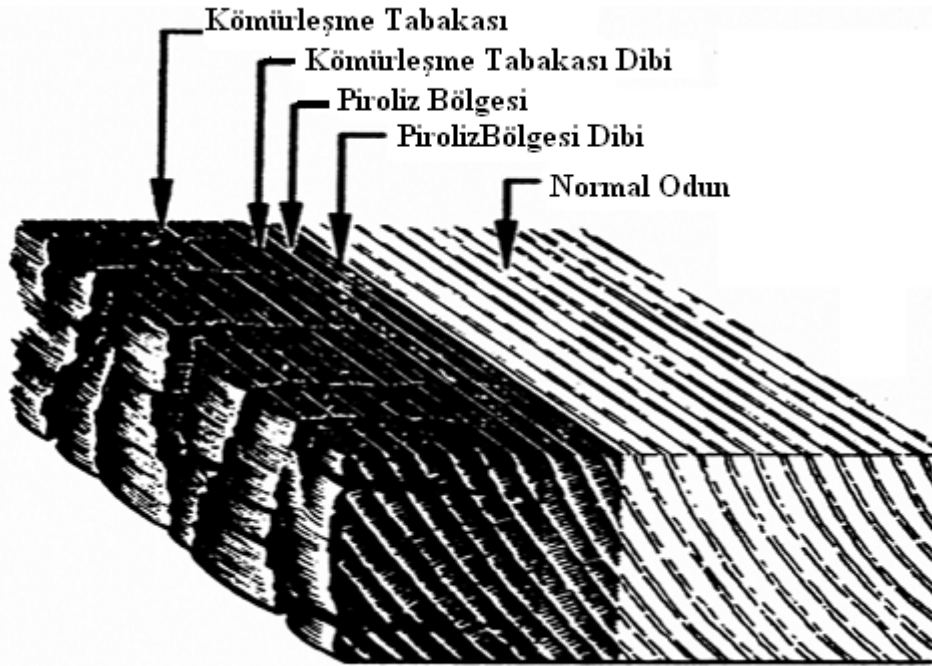
Isı salıverme oranı bir malzemenin yanıcı özelliğinin ve potansiyel yanma tehlikesinin bilinmesi için çok önemlidir. Potansiyel kimyasal enerjilerini nispeten daha hızlı salıveren materyaller, potansiyel kimyasal enerjilerini daha yavaş salıveren materyallerden daha tehlikelidirler. Tutuşmaz özellik taşıyan malzemelerde vardır. Fakat bunlar ateşe maruz kaldıkları kritik periyod veya başlangıç esnasında sınırlı miktarda ısı salıverecektir (Robert ve Dietenberg, 2005).

c-) Kor Haline gelme

Korlaşma yanan odunun kömür tabakası içindeki karbonun yanmasının görsel kanıtıdır. Kor halinde yanma esnasında oksidasyon reaksiyonları mümkündür. Bu reaksiyonlar:

1. $C + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO + 26.43 \text{ kcal/mol}$
2. $CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2 + 67.96 \text{ kcal/mol}$

Birinci reaksiyon kömürün yüzeyinde meydana gelir, ikinci reaksiyon ise gaz fazıdır. Karbondioksitin iki kademeli olarak, karbon ve oksijenden oluşması ve özellikle de ikinci aşamada ortaya çıkan enerji ile yanma devam etmektedir. Yüzeyde meydana gelen kömürleşme 600–700 °C’ de meydana gelmektedir. Kömürleşme yüzeyden başlayarak iç tarafa doğru ilerler. Ağaç malzemenin kömürleşmeye başlama noktaları ve piroliz bölgeleri Şekil 1.10’ da gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Odun malzemedeki kömürleşmenin görünüşü (Uysal, 1997)

d-) Yanma Ürünleri (Duman ve Gaz)

Odun yandığı zaman ısı, ışık, duman ve gaz ürünlerini oluşturur. Tamamlanmış bir yanma da, karbondioksit, su ve kül kalır. Tamamlanmamış yanmadaki ürünler ise karbonmonoksit, metan, formik asit, asetik asit, glyoxal, doymuş ve doymamış hidrokarbonlar olarak belirtilmiştir. Dumanlar; gazlar, katı parçacıklar ve sıvı damlacıkları

içerirler. Dumanlar çeşitli kompleks karışımları ve levoglucosan gibi likitleri içerir. Katılar ise yanmamış karbon partiküllerini ve yüksek molekül ağırlıklı katranları oluştururlar (Wagner, 1972). Özellikle çok katlı binalarda yaşayan insanlar için dumanlar potansiyel bir tehlikedir. Görmeyi azaltır, zararlı ve zehirleyici maddeler içerir. Alev almayan yanma olayları, alevli yanmadan daha fazla duman üretir (Goos, 1952).

Yanma sınıfları ise DIN 4102' ye göre A ve B sınıfı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar aşağıda Çizelge 1. 1' de verilmiştir.

Çizelge 1.1. DIN 4102' ye göre de yanma sınıfları A ve B olmak üzere ikiye ayrılır.

Özellikleri		
Sınıfı	Yanıcı olmayan malzemeler (Demir, taş, beton, cam, vb.)	
A	A1	Hiç yanmaz malzemeler
	A2	Zor yanan malzemeler
Yanıcı malzemeler		
B	B1	Ağır yanan malzemeler (Ahşap esaslı levhalar vb.)
	B2	Normal yanan malzemeler (Ahşap, karton, vb.)
	B3	Hızlı yanan malzemeler (PVC, Plastik folyo, kağıt, vb.)

1.10. Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemelerin Yanma Dayanımını Belirleme Yöntemleri

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin odun ve odun esaslı kompozit malzemeler üzerindeki yanma dayanımı ve termal değişimleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler:

1. Tutuşma Kabiliyetinin Belirlenmesi (R.Schlyter metodu, Modifiye R. Schlyter metodu).
2. Alev yayma ve yanma hızının belirlenmesi metodu (Ateş borusu metodu, Alev geçirme metodu, Cribb metodu, Meyilli levha metodu, Plakalı baca metodu).
3. Malzeme içerisine ateşin geçmesinin belirlenmesi (Berkel, 1972b).

Ahşap ve ahşap esaslı malzemenin yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ile muamele edilmesinden sonra yanma karakteristiği özelliklerinin belirlenmesinde ise aşağıdaki test yöntemleri kullanılmaktadır;

1. Termogravimetrik Analiz (TGA): Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin etkililiklerinin belirlenmesi metotlarından en yaygın olanıdır. Örneğin ağırlık kaybının belirlenmesi esasına dayanan bir yöntemdir. 0.1 ile 10 mg arasında alınan katı, sıvı veya jel halindeki örnek atmosferik şartları kontrol edilebilen ortamda ısıya maruz bırakılarak örnek ağırlığındaki değişim sıcaklık ve zamana bağlı olarak bilgisayar üzerinde termal değişimleri belirlenmektedir (Sandala ve ark., 1981; Peterson, 2002). Bu derivatif termogravimetri olarak belirtilir (Slade ve Jenkins, 1966).

2. Diferansiyel Termal Analiz (DTA): Örnekler çeşitli fiziksel hallere dönüşürken (ergime, buharlaşma vs.) veya kimyasal bir reaksiyon esnasında absorbe edilen veya ortaya çıkan ısı miktarının belirlenmesinde kullanılır. Bu ısı miktarı ise örnek ile inert bir referans madde arasındaki sıcaklık farkı olarak belirlenir. Oluşan kimyasal reaksiyonları endotermik ve ekzotermik yönlerini analiz eder. Diferansiyel termal analiz, ısı kapasitesini ölçmek, kinetik veri tabanı bilgileri ve geçiş sıcaklıklarına ait veriler elde etmek için kullanılmaktadır (Sandala ve ark., 1981; İlhan, 1988).

3. Diferansiyel Tarama Kalorimetresi (DSC): Bu yöntemde örnek ve referans maddenin sıcaklıkları eşit olduğu durumdan itibaren materyallerdeki ısı akışı farkları incelenmektedir. Örnek ile referans madde arasında sıcaklık farkı oluşursa bunun nedeni endotermik veya ekzotermik reaksiyonun oluşmasından kaynaklanmaktadır. Yöntem olarak TGA' ya benzemekle beraber, DSC' de hem örnek ve hem de materyaller farklı ısıtıcılar tarafından ısıtılmaktadırlar (Peterson, 2002; Rowell ve LeVan-Green, 2005).

4. Tünel Alev Yayılma Testi: Meydana gelen bir yangın bina içerisinde hızla artmakta ve alevler şeklinde yayılım göstermektedir. Bunu etkileyen en önemli faktör yüzey işlem maddelerinin tutuşabilirliği ve alev yayılma karakteristiğidir. Bunun belirlenmesi için testler 0.6–2.5 m ve 7.6 m' lik (25-ft) tünellerde yapılmaktadır. Tünel test metotları arasındaki temel farklılık yanmaya maruz bırakılma şiddeti ve örnek maddelerin tutuşma kaynaklarına maruz bırakılma süreleridir. En yüksek yanmaya maruz bırakılma şiddeti 10 dakika ile 7.6 m' lik tünel testinde olurken en düşüğü ise 0.6 m' lik tünel testinde olmaktadır (Yıldız, 2006).

5. Kritik Oksijen İndeksi Testi: Yanıcı bir maddenin alevli olarak yanmasını gerçekleştirebilmesi için gerekli minimum seviyedeki oksijen miktarının belirlenmesi yöntemidir. Yanma özelliği yüksek materyaller düşük, yanma özelliği düşük materyaller ise yüksek oksijen indeksine sahip olurlar. Ayrıca yanmayı geciktirici kimyasal maddelerinin oluşturduğu ısı miktarı, duman üretimi ve zehirlilik vb gibi diğer fiziksel özellikleri belirleyen test metotları da bulunmaktadır. Bu test yanma özelliği gösteren materyallerde kullanılmaktadır (Sachdev, 2004; Yıldız, 2006; Diitenberg ve White, 2001). Odunun, levoglukosanın azaltılması ve oksijen indeksinin artırılması için etkili muamele maddesi fosforik asittir. Levoglukosanın azaltılması için Amonyum dihidrojen ortafosfat, çinko klorit, ve sodyum borat çok etkilidir. Bu test metodunun önemli avantajlarından bir tanesi, çok küçük örneklerin kullanılabilmesidir. Diğer ise katı faz içindeki ölçümleri yapan TGA, DTA veya DSC test metotlarının kullanılmadığı gaz fazındaki geciktirme mekanizmalarının belirlenmesinde kullanılır (Rowell ve LeVan-Green, 2005).

6. Cone Calorimeter: Isı salınımını tespit etmek ve çeşitli ısı akış şiddetine bağlı olarak materyallerin yanma reaksiyon özelliklerini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Yanma ve tutuşma sıcaklığı, duman ve zehirli gaz ölçümleri ısı salınımı tespit edilirken belirlenmektedir. 10 mm² ölçüsündeki örneklerin test için yeterli olması avantajından dolayı birçok araştırma için uygun bir yöntem olmuştur (White, 1997; Schartel ve Hull, 2007; Burchill ve ark., 2005). Yanmaya maruz kalan materyallerin yanma ısıları değişmemektedir ancak kullanılan yanmayı geciktirici kimyasallar salınan ısı oranını azaltmaktadır. FR kimyasalları ile muamele edilmiş ve edilmemiş örneklerdeki ısı salınımı oranının belirlenmesiyle alev yayılımı ve yangının büyüme ve gelişiminin seyri üzerine matematiksel modeller yapılmaktadır (White, 1997; Tran ve White, 1992; Diitenberg ve White, 2001).

7. Duman ve Zehirlilik Testi: Yangın esnasında insan hayatına etki eden en önemli faktör duman ve zehirli gaz oluşumudur. Bu yüzden bu testin önemi artmaktadır. Ölümlere duman ve zehirli gazlar neden olmaktadır. Bu yüzden testlerde duman yoğunluğu ve zehirlilik oranının belirlenmesi amaç edinilmiştir. Kullanılan FR kimyasallarının yanmayı geciktirme özelliğini artırması istenirken aynı zamanda duman yoğunluğu ve zehirlilik oranını da azaltması istenmektedir. Literatürde avantajı ve dezavantajı bulunan birçok duman yoğunluğu ve zehirlilik ölçüm test metotları bulunmaktadır (White ve Diitenberg, 2001).

Ayrıca son derece önemli ve hassas ölçümlerin yapıldığı; termal bozunmada gaz ve katı ürünlerin analizi için kütle spektrofotometresi (DIMS), piroliz-gaz kromatografisi-alev ionize dedektör ve piroliz gaz kromatografisi-kütle spektrofotometresi gibi enstrümental düzeyde ölçüm yapan testler de kullanılmaktadır (Ustaömer, 2008; Liodakis ve ark., 2003).

1.11. Önemli Yangın Geciktirici Kimyasal Maddeler

Emprenye, ahşap ve her çeşit ağaç malzemenin özelliklerini bozan veya tahrip eden zarar veya zararlılara (çürüme, çatlama, renk bozuklukları, yıpranma, yangın vb.) karşı girişilen her türlü önleyici, kurtarıcı işlemlerdir (TS 344, 1981).

Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ağaç malzemeye yanmazlık özelliği kazandırmazlar bununla birlikte tutuşmayı güçleştirip, yanma başladıktan sonra ateşin yayılmasını geciktirebilirler (Yıldız, 2001).

Ağaç malzemedeki tutuşma, alevlenme ve yanmaya karşı kullanılan emprenye maddeleri inorganik maddeler (amonyum tuzları, alkali tuzlar, inorganik yüzey örtücüler) ve organik maddeler (polimerler ve reçineler, reaktif bileşikler, organik çözücülü halojenleşmiş organik maddeler ve organofosforlar, organik yüzey örtücüler) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Goldstein, 1973).

Ayrıca yanmayı geciktirici kimyasal maddeler tepki veren, eklenen ve kombinasyon halinde olmak üzere de sınıflandırılabilir:

a- Reaktif Yanmayı Geciktiriciler: Bu reaktif bileşikler polimer moleküller içinde kimyasal şekilde oluşturulurlar. Yanmayı geciktirir, uçuculuğu ve polimerlerden sızmayı önler. Polimerlerin termal değişmezliğini etkilemez ve plastik etki göstermezler. Birbiriyle kolayca etkileşebilen özellikle polyester, epoxy resins ve poliüretanlar gibi termosetler içinde temel olarak kullanılırlar.

b- Eklenen Yanmayı Geciktiriciler: Özellikle termoplastikler içinde olmak üzere termosetler içinde de kullanılırlar. Plastiklerle uyumlu oldukları durumda plastik gibi hareket ederler. Bu kimyasallar boş yerleri dolduran parçacıklar olarak düşünülürler.

c- Kombinasyon Yanmayı Geciktiriciler: Reaktif ve eklenen yanmayı geciktiricilerin kombinasyonu ile sinerjik veya karşıt etkisinin birleşmesiyle üretilirler. Tek başına kullandıklarında sinerjik etki göstermez ve etkililiği çok az olabilir. Özel yanmayı geciktiricilerle birlikte kullanıldıkları zaman sinerjik etki oluştururlar. Tek başına

kullanılan kimyasallara göre ucuz olması da endüstri için önemli bir özelliktir. En önemli yanmayı geciktiriciler şunlardır:

a-) Halojen İçeren Yangın Geciktiriciler

Halojen içeren yangın geciktiricilerin etkililiği $F < Cl < Br < I$ sırası içinde artar. Flor ve ioda bağlı yangın geciktirici kimyasallar uygulamada kullanılamazlar. Çünkü florin ve iod çok güçlü bağ yapıyor olmalarına rağmen, bağları karbon için çok gevşektir.

Brom en etkili olanıdır. Çünkü bağları karbon için en uygun olanıdır. Yanma prosesi içinde daha uygun noktada etkileşecektir.

Klor içeren yanmayı geciktirici kimyasallar geniş sıcaklık aralığında HCl salıverir, daha az etkilidir.

1- Brom içerikli yangın geciktiriciler

Halojen atomları alifatik veya aromatik bileşik olarak yangın geciktiricilere bağlanabilir. Daha etkili alifatik halojen bileşikleri, aromatik bileşiklere göre daha az sıcaklıkta daha kolay bozunurlar. Elverişli olmaları, plastik üzerine ve metoda katılımına bağlıdır. Çok iyi teknik özelliklere sahip olmalarından dolayı, bromlu yangın geciktiriciler hemen hemen tüm polimerler içinde kullanılır. Birçok durumda sinerjistik olarak antimon trioksit eklenilir.

2- Klor içerikli yangın geciktiriciler

Plastiklerde temel olarak klorlu hidrokarbonlar ve klorlu cycloaliphatics kullanılır. Alev almaya direnci yüksektir. Bromlu yangın geciktiricilere nazaran fazla miktarda kullanılma ihtiyacı doğurur. Alifatik klorinli hidrokarbonlar, çoğunlukla kloroparafinler sıvı veya katı halde olup klorin içerikleri %30–70 arasındadır. Plastik özelliğe sahip olup, termal olarak 220 °C'ye dayanıklıdır.

b-) Fosfor içerikli yangın geciktiriciler

Halojen içeren yangın geciktiriciler gaz fazında hareket ederken, fosfor içerikli yangın geciktiriciler temel olarak yoğunlaşma fazında yer alan reaksiyonları etkiler. Plastikleri içeren selüloz ve oksijen gibi yüksek oksijen içeriği ile materyalleri kısmi şekilde etkilerler. Yangın geciktiriciler kömürleşmeye neden olan pirolizin alt maddelerinden suyu yoğunlaşma fazında çıkaran fosforik aside termal ayrışma yoluyla dönüştürülür.

c-) Nitrojen içeren yangın geciktiriciler

Nitrojen içeren yangın geciktiriciler polimer içinde sınırlı uygulamalarda bulunurlar. Melamin ve türevlerine dayalı geliştirilen sistemlerde kullanılır. Özellikle de şişen sistemler içinde kullanılır.

d-) İnorganik yangın geciktiriciler

Birkaç inorganik bileşik, temel olarak 150–400 °C’ deki ayrışma sıcaklığında etkili olabildikleri için yangın geciktirici olarak kullanılmaya uygundur. En yaygın olarak kullanılan alüminyum ve magnezyum hidroksit, bor bileşikleri ile birlikte, fiziksel yolla yanma prosesini etkiler.

Organik bileşiklerin aksine, inorganik yangın geciktiriciler ısı etkisi altında buharlaşmazlar. Daha ziyade ayrışmalar ve endotermik reaksiyonlar içinde su gibi yanmaz gazlar, karbon dioksit, sülfür dioksit, hidrojen klorit dışarı verirler. İnorganik bileşikleri cam gibi koruyucu tabaka olarak madde üzerinde şekillenir ve oksijen ile ısının etkisi ile uzaklaşırlar. Başlıcaları:

Alüminyum hidroksit, magnezyum hidroksit, bor içeren bileşikler ve antimon oksit, inorganik fosfor bileşikleridir (Troitzsch, 1998).

1.12. Bor Bileşiğinin Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemelerde Kullanımı

Hızla artan ülke ve dünya nüfusuna bağlı olarak ağaç malzeme tüketimi de artmaktadır. Ancak ağaç malzeme kullanımında değişken atmosferik şartlar altında boyutlarında meydana gelen farklılıklar ile çürüklük, böcek tahribatı, yangın, mekanik darbeler ve diğer zarar verici unsurlara karşı yeterli korumanın sağlanması gereklidir (Hafizoğlu ve ark., 1994).

Günümüzde odun ve odun esaslı materyallerin çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlere karşı korunması amacıyla, birçok kimyasal madde kullanılmasına rağmen borlu bileşikler bu kimyasal maddeler arasında ilk sıralarda yer alırlar. Borlu bileşikler ucuz olmaları, doğada bol bulunmaları, biyolojik olarak aktif olmaları, insan sağlığına nispeten daha az etki yapmaları, çevre dostu olmaları, metallere karşı paslandırıcı etki yapmaması, mantar ve böceklerle karşı yüksek oranda etkili olması, yanmayı geciktirici özellik taşımaları gibi bir çok avantajlı özelliklere sahiptir (Yalınkılıç, 2000; Baysal ve Yalınkılıç, 2005a; Kartal ve ark., 2004; Kartal ve İmamura, 2004).

Borlu bileşiklerin ağaç malzemenin yanma özelliklerini iyileştirdikleri bilinmekle birlikte melamin formaldehit gibi çeşitli reçine kombinasyonlarıyla kullanıldıklarında ağaç malzemenin çalışması ve emprenye kimyasalının yıkanmasını engellemede de başarı sağladıkları ortaya çıkarılmıştır (Baysal, 2002).

Borlu bileşiklerin yüksek oranda çözünebilir olması, bu bileşiklere aynı zamanda bir dezavantaj kazandırmakta ve emprenye edilen ağaç malzemedeki kimyasal yapılara doğrudan bağlanamamakta ve kimyasal bir fiksasyon gerçekleştirememektedir. Bu yüzden borlu bileşiklerin yüksek rutubet şartları altında ve ağaç malzemenin dış hava şartlarında yıkanma ile karşı karşıya kalmasını engellenememektedir (Kartal ve Green, 2002). Mekanik özellikler üzerine etki ettiği bilinen tutkalla uyum problemi de olumsuz etkisidir (Laks ve Palardy, 1992).

Borlu bileşikler canlılar açısından önemli maddeler olup yüksek konsantrasyonlarda kullanılmaları durumunda; böcekler, mantarlar ve bakterilere karşı toksik özellik göstermektedirler. Bu bileşikler sahip oldukları özellikler nedeniyle kozmetik, gıda, ilaç ve emprenye endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer bileşiklerle karşılaştırıldıklarında bor bileşikleri, ağaç malzemeyi tahrip eden böceklerle ve mantarlara karşı insektisit ve hem de fungusit özellik gösteren tek emprenye maddesi olarak kabul edilmektedir (Lloyd, 1998; Kartal ve İmamura, 2004).

Borlu bileşikleri odun ve odun esaslı levha ürünlerinde termal özellikleri iyileştirdiği için yangın geciktirici olarak kullanılmaktadır (Ayrılmış ve ark., 2005; Ustaömer, 2008; Dönmez ve ark., 2008).

Borlu bileşikler ısıtıldıklarında bir parlama aşamasına gelirler. Hücre lümenini blokladıklarından yangının sebep olduğu dekompoze bileşenlerin çıkışını engellerler, böylece yangın geciktirilir. Borat bileşikleri termal yıkım ürünlerinin hareketini engellerler. Bu bileşikler suyun kristalizasyonunu ve sulu, tutuşabilir termal yıkım ürünü gazlar yüzünden suyun ısınarak buharlaşmasına sebep olurlar ve endotermik bir etkiye sahiptirler (Nishimoto, 1992).

Emprenye işleminin başarısı ve koruma derecesi, emprenye maddesi ve oduna ait özelliklerin yanı sıra; odunda tutundurulan net kuru emprenye maddesi miktarı ve emprenye maddesinin oduna geçme derinliği gibi özelliklere bağlıdır (Baysal, 2003). Ağaç türü kullanım yeri ve koşulları emprenye seçiminde etkili faktörlerdir (Sivrikaya, 2004).

Odun ve odun esaslı materyallerde Fire Retardent (FR) yanmayı geciktirici kimyasalların uygulanması şu aşamalarda mümkün olabilmektedir:

1. Levha üretimine geçilmeden önce lifin, yonganın vb. kimyasal maddelerle emprenye edilmesi ve kurutulması veya toz halinde ilave edilmesi
2. Kompozit malzemelerin üretildikten sonra yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle uygun yöntemler kullanılarak (daldırma, batırma, basınç-vakum) emprenye edilmesi.
3. Kimyasal maddelerin tutkal hattına ilave edilmesi
4. Kimyasal maddelerin yüzeye sürme işlemi ile uygulanması (Grexa, 2000)

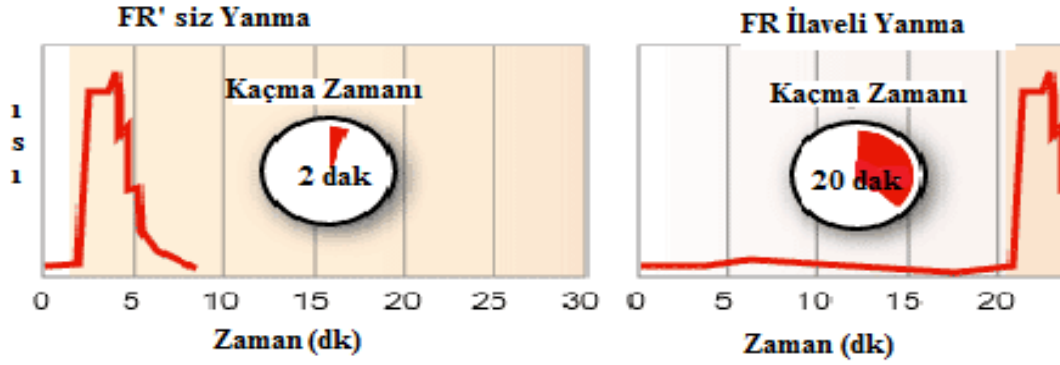
Borlu bileşikler masif ağaç malzemede ise gerek basınç-vakum ve gerekse batırma, daldırma, yüzeye sürme ve katı peletler şeklinde ağaç malzemeye uygulanmaktadır (Kartal ve Green, 2002). Masif ağaç malzemede ise emprenye metotları basınç uygulanmayan, basınç uygulanan, besi suyu çıkarma, difüzyon ve yerinde bakım olmak üzere beş farklı metot ile yapılmaktadır (Bozkurt ve ark., 1993a). Bor bileşikleri endüstride çok amaçlı olarak değişik sektörlerde kullanılmaktadır. Bor bileşiklerinin kullanım alanları ve kullanım yerleri Çizelge 1.2' de belirtilmiştir.

Çizelge 1.2. Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları ve Yerleri

KULLANIM ALANI	KULLANIM YERLERİ
Askeri & Zırhlı Araçlar	Zırh Plakalar, Seramik Plakalar, Ateşli Silah Namluları vb.
Cam Sanayi	Borosilikat Camlar, Laboratuvar Camları, Uçak Camları, Borcam, Pyrex, İzole Cam Elyafi, Tekstil Cam Elyafi, Optik Lifler, Cam Seramikleri, Şişe, diğer Düz Camlar, Otomotiv Camları vb.
Elektronik ve Bilgisayar Sanayi	Mikro Chipler, LCD Ekranları, CD-Sürücüler, Akım Levhaları, Bilgisayar Ağlarında; Isıya Aşınmaya Dayanıklı Fiber Optik Kablolari, Yarı İletkenler, Vakum Tüpler, Dielektrik Malzemeler, Elektrik Kondansatörleri, Kapasitörler, Gecikmeli Sigortalar, Bataryalar, Laser Printer tonerleri vb.
Enerji Sektörü	Güneş Enerjisinin Depolanması, Güneş Pillerinde Koruyucu olarak, Hücre Yakıtları vb.
Fotoğrafçılık ve Görüş Sistemleri	Kamera ve Mercek Camları, Fotoğraf Makinaları, Dürbünler, Banyo ve Film İmalatları
İlaç ve Kozmetik Sanayi	Dezenfekte Ediciler, Antiseptikler, Diş Macunları Lens Solüsyonları, Kolonya, Parfüm, Şampuan vb.
İletişim Araçlarında	Cep Telefonları, Modemler, Televizyonlar vb.
İnşaat Sektöründe	Çimentoya Mukavemet Artırıcı ve İzolasyon Amaçlı olarak

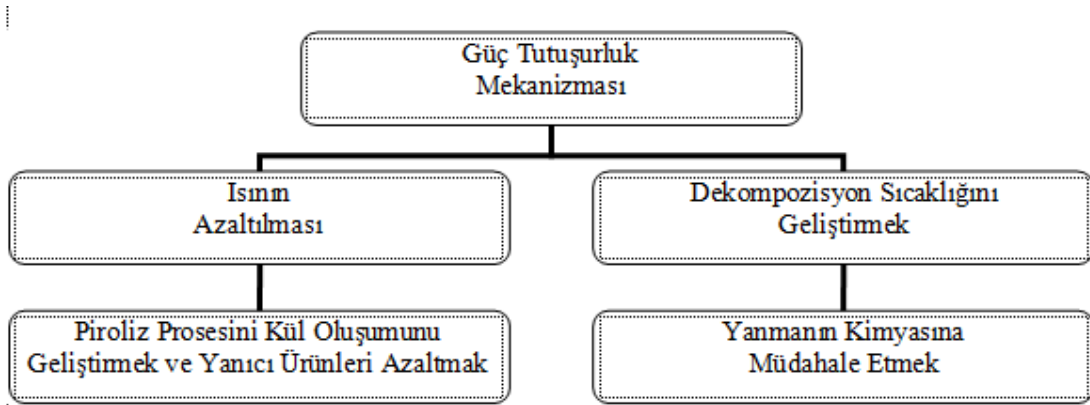
Kağıt Sanayi	Beyazlatıcı ve hamur verimini artırıcı olarak
Kauçuk- Plastik Sanayi	Naylon vb. Plastik Malzemeler vb.
Kimya Sanayi	Bazı Kimyasalların İndirgenmesi, Elektrolitik İşlemler, Flotasyon İlaçları, Banyo Çözeltileri, Katalistler, Atık Temizleme Amaçlı olarak, Petrol Boyaları, Yanmayan ve Erimeyen Boyalar, Tekstil Boyaları, Yapıştırıcılar, Soğutucu Kimyasallar, Korozyon Önleyiciler, Mürekkep, Pasta ve Cilalar, Kibrit, Kireçlenme Önleyicileri, Dezenfektan Sıvılar, Sabun, Toz Deterjanlar, Toz Beyazlatıcılar,
Koruyucu	Ahşap Malzemeler ve Ağaçlarda Koruyucu olarak, Boya ve Vernik Kurutucularında vb.
Makine Sanayi	Manyetik Cihazlar, Zımpara ve Aşındırıcılar Kompozit Malzemeler, vb.
Metalürji	Kaplama Sanayiinde Elektrolit olarak, Paslanmaz ve Alaşımli Çelik, Sürtünmeye-Aşınmaya Karşı Dayanıkl Malzemeler, Kaynak Elektrotları, Metalurjik Flaks, Refrakterler, Briket Malzemeleri, Lehimleme, Döküm Malzemelerinde Katkı Maddesi olarak, Kesiciler Kompozit Malzemeler, Zımpara ve Aşındırıcılar vb.
Nükleer Sanayi	Reaktör Aksamları, Nötron Emiciler, Reaktör Kontrol Çubukları, Nükleer Kazalarda Güvenlik Amaçlı ve Nükleer Atık Depolayıcı olarak, vb.
Otomobil Sanayi	Hava Yastıklarında, Hidroliklerde, Plastik Aksamda, Yağlarda ve Metal Aksamlarda, Isı ve Ses Yalıtımı Sağlamak Amacıyla, Antifrizler vb.
Patlayıcı Maddeler	Fişek vb.
Seramik Sanayi	Emaye, Sır, Fayans, Porselen Boyaları vb.
Spor Malzemeleri	Kayak Aksamları, Tenis Raketleri, Balık Oltaları, Golf Sopaları, Darbe Koruyucular vb.
Tarım Sektörü	Biyolojik Gelişim ve Kontrol Kimyasalları, Gübreler, Böcek-Bitki Öldürücüler, Yabani Otlar vb.
Tekstil Sektörü	Isıya Dayanıkl Kumaşlar, Yanmayı Geciktirici ve Önleyici Selülozik Malzemeler, İzolasyon Malzemeleri, Tekstil Boyaları Deri Renklendiricileri, Suni İpek Parlatma Malzemeleri, vb.
Tıp	Ostreopoz Tedavilerinde, Alerjik Hastalıklarda, Psikiyatride, Kemik Gelişiminde ve Artiritte, Menopoz Tedavisinde, BNTC Terapi Yöntemiyle Beyin Kanserlerinin Tedavisinde, Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazlarında vb.
Uzay ve Havacılık Sanayii	Sürtünmeye-Aşınmaya ve Isıya Dayanıkl Malzemeler, Roket Yakıtı, Uydular, Uçaklar, Helikopterler, Zeplinler, Balonlar vb.

Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler odunun yanmasını tamamen engelleyemez ama yanmayı geciktirirler. Aşağıda Şekil 1.11’ de Fire Retardant (FR) kullanılan ve Fire Retardant kullanılmayan deney örneklerinde yanmanın geciktirilme süreleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 1.11. Yanmayı geciktirici kimyasalların yanma süresi üzerine etki zamanı (URL, 2011h)

FR kimyasalları yanıcı maddenin güç tutuşurluk özelliği üzerine etki ederek yanmayı geciktirirler. Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin etkinlik şekillerinin sınıflandırılması Şekil 1.12' de verilmiştir.



Şekil 1.12. Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin yanma mekanizmasına etki şekilleri

Her bir kimyasal farklı etki etmekle beraber Amonyum polifosfat yanma üzerinde karbon tabakası gibi etki etmektedir. Oksijen ve sıcaklık girişini engelleyerek yanmayı ve duman miktarını azaltmaktadır. Etkisi aşağıda Şekil 1.13' de gösterilmiştir.



Şekil 1.13. Amonyum polifosfatın yanma üzerine etkisi (URL-2011h)

1.13. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Mukavemet Özellikleri Üzerine Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerin Etkileri

Odun ve odun esaslı levhaların yangına karşı dayanımını artırmak için kullanılan FR kimyasalları, kendi yapısal özelliklerine göre değişik etkiler meydana getirirler. Bu etkiler aşağıda başlıklar halinde verilerek açıklanmış olup; odun ve odun esaslı malzemelerin direnç ve higroskopiklik özelliği, metal bağlantıların korozyon oluşumu, tutkallama özelliği, boyutsal stabilite değişimleri, aşınma ve yıkanma (leaching) özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Denizli, 1997; Yalınkılıç, 2000; Ellis ve Rowell, 1989).

1. Direnç Özellikleri Üzerine Etkisi: Odunun direncinin azalmasına etki eden en önemli faktör yanmayı geciktirici kimyasallardır. Etkili olan diğer faktörler ise odunun yapısı, uygulanan kimyasal işlem, muamele şartları, kurutma sıcaklığı gibi sıralanabilir. Muamele işleminden sonra oda sıcaklığında tutulan odunun direnç özelliklerinde %10 ile %20 arasında düşüş olduğu gözlemlenmiştir (Denizli, 1997).

2. Higroskopik Özellikleri Üzerine Etkileri: Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler yapısal özelliklerine göre odunun nem oranını artırmakta ve direnç özellikleri üzerinde de olumsuz etki meydana getirmektedir (Levan ve Collet, 1989). FR kimyasallarının en büyük dezavantajı higroskopik özellik taşıyor olmalarıdır (Bozkurt ve ark., 1993b). Yüksek bağıl nemde muamele görmemiş odun ile inorganik tuzlarla muamele görmüş odun karşılaştırılmış ve inorganik tuzlarla muamele görmüş örneklerin su alma özelliklerinin büyük ölçüde arttığı ve higroskopik özellik gösterdiği belirlenmiştir (Sweet ve Winandy, 1999; Östman ve ark., 2001). Bor ağaç malzemedeki kimyasal yapılara doğrudan bağlanamamakta ve kimyasal bir fiksasyon gerçekleşmemektedir. Bunun sonucu olarak borlu bileşikler yüksek rutubet şartları altında ve ağaç malzemenin dış hava şartlarında kullanımlarında yıkanma ile karşı karşıya kalmaktadır (Kartal ve Green, 2002).

3. Koroziyona Olan Etkisi: FR kimyasalları koroziyona sahiptir ancak %5 ve üzeri oranlarda korozyon önleyici maddelerin katılmasıyla metallerle karşı bu özelliği azaltılabilmektedir. FR kimyasalı kullanılan odunlar, bağıl nemi yüksek yerlerde fazla tutulmamalıdır. Çünkü koroziyona sahip özellik kullanılan kimyasal maddenin yapısı, miktarı, metal türü, ortamın nem miktarı ile yakından ilgilidir (Holmes, 1974; Ellis ve Rowell, 1989; Östman ve ark., 2001).

4. Tutkallamaya Olan Etkisi: Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler; yapısı, kullanılan miktarı ve pH' ı ile ilgili olarak tutkallama özelliğini olumsuz şekilde etkiler.

Ayrıca tutkal türü ve tutkallama koşulları da olumsuz etkileyebilir. Tutkal türü ile ilgili olarak pH uyumsuzluğundan dolayı çok sık tutkallama problemi yaşanmaktadır (Eickner, 1966; Ellis ve Rowell, 1989).

5. İşlenebilme Özelliğine Olan etkisi: FR kimyasalları ile muamele edilerek elde edilen odun veya odun esaslı malzeme ebatlandırma vs. işlenmesi esnasında FR kimyasallarının inorganik tuz kristalleri içermesi sebebiyle aşındırıcı etki göstermektedir. Bu tuz kristallerinin aşındırıcı etkisi iş makinelerinin ömrünü ve verimliliğini azaltmaktadır. Aşındırıcı etkiye dayanıklı metal alaşım kullanılarak bu etki azaltılabilmektedir (Eickner, 1966; Holmes, 1974).

6. Boyanabilme Özelliğine Olan Etkisi: FR kimyasalları yüksek bağıl nemin olduğu ortamda boya yüzeyinde kristaller oluşturmakta ve boyanın adezyonunu etkilemektedir. FR kimyasalları yapısal özelliklerinden renklenme ve odunun renginin değişmesinde etkili olmaktadır. Bu yüzden FR kimyasalları ile muamele edilmiş odun ve odun esaslı malzemelere üst yüzey işlemi yapmaktan kaçınılmalıdır (Holmes, 1974; Östman ve ark., 2001).

1.14. Önceki Çalışmalar

Yangın geciktirici kimyasalların kullanılması ile masif ve odun esaslı levhalarda meydana gelen fiziksel, mekanik ve yüzey kalitesi özellikleri, yanma mukavemeti, mantar çürüklük dayanımı ve serbest formaldehit miktarı üzerine değişimlerin araştırıldığı birçok çalışma mevcuttur. İlgili çalışmalar başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

A- Fiziksel ve Mekanik Özellikler ile Yüzey Kalitesi Özelliklerine Ait Çalışmalar

Hashim (2009), kuru lif ağırlığına göre sodyum alüminat, çinko borat ve alüminyumtrihidrat yanmayı geciktirici kimyasal maddelerinin %10, %15, %20, %30 oranları ile %15 üreformaldehit tutkalı kullanarak elde ettiği MDF levhalarda fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemiştir. Yaptığı çalışmada kalınlık ve su emme özelliği yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin artışı ile azalmış, eğilme direnci etkilenmemiş, yapışma direnci kontrol örneğine kıyasla az miktarda azalma göstermiştir. Yanmayı geciktirici kimyasal oranı %30 olduğunda ise genel olarak yapışma direncinde azalma belirlenmiştir.

Çavdar ve arkadaşlarının (2009) borlu bileşiklerden çinko borat ve borik asit kullanımının, çimentolu yonga levha üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; borlu bileşik kullanımı oranının artması ile eğilme direnci, elastikiyet modülü ve yüzeye

dik çekme direnci değerlerinde azalma olduğu, su alma ve kalınlık artımında ise etkili oldukları belirtilmiştir.

Şimşek ve arkadaşları (2009), amonyum tetrafluoroborat (AFB), sodyum tetrafluoroborat (SFB) ve amonyum pentaborat oktahidrat (APB) borlu bileşiklerini kullandıkları çalışmalarında, borlu bileşiklerle emprenye edilen deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değerlerinin emprenyesiz kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek, çıktığını bulmuşlardır.

Kalaycıoğlu ve arkadaşları (2009), borik asit, boraks, çinko borat kimyasallarını kullanarak orta yoğunluklu soymuk levha ve 11 mm. ile 18 mm. kalınlıkta yonga levha elde etmişlerdir. Borik asit, boraks ve çinko borat düşük konsantrasyonlarda odun kompozit malzemelerinde eğilmede elastikiyet modülü değerini önemli ölçüde etkilemediğini, borik asit ve boraks 11 mm kalınlıktaki yonga levhalar hariç eğilme direnci bakımından tarımbora ve kısmen çinko borata göre daha iyi sonuçlar vermiş olduğunu, yüzeye dik çekme direncinin ise önemli ölçüde etkilenmediğini rapor etmişlerdir.

Ayrılmış (2007a), %50 karaçam, %50 kayın liflerinden elde edilen liflevhaların yapışma direnci üzerine Boraks (BX), Borik asit (BA), Monoamonyumfosfat (MAP), Diamamonyumfosfat (DAP) ve Fosforik asidin (PA) etkisini belirlemek için spreyleme şeklinde %2, %4, %6 oranlarında muamele edilmiştir. BX ile muamele edilen örnekler yapışma direnci üzerine en olumlu etkiyi sağlamıştır. Bunu DAP, MAP, BA ve PA izlemiştir. Kimyasal miktarı oranının artması ile de azalma görülmüştür.

Çolakoğlu ve ark., (2006) tarafından boraks kimyasalının odun ve oduna dayalı ahşap levhalar (Kontrplak) üzerinde mekanik özellikleri araştırılmıştır. Tutkala lif ağırlığına göre %5 ve %10 boraks karıştırılmıştır. Sonuçta kontrol örneklerine kıyasla emprenye edilen kontrplak levhalarda makaslama direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri arasında çok fark olmadığı tespit edilmiştir.

Özçiftçi (2006), tarafından, melamin ve fenol formaldehit tutkalının karşılaştırıldığı bir çalışmada tutkalla birleştirilmiş masif odunda, borlu bileşiklerin yapışma direncinde %8–20 oranında azalmaya sebep olduğu, en fazla azalmanın ise borik asit uygulamalarında meydana geldiği, yapışma direnci için en uygun bor-tutkal ilişkisinin melamin formaldehit-boraks eşleşmesinin olduğunu rapor etmiştir.

Barns ve ark., (2006), Trimetil boratı buhar fazında kullanarak emprenye ettikleri OSB ve MDF levhalarda, bor bileşiğinin yüksek oranlarında OSB levhalarda önemli ölçüde yapışma direncinde azalma görülmüştür. MDF levhalarda ise bir miktar düşüş belirlenmiştir.

Akbulut ve ark. (2004), N'-N- (1.8-Naphthyl) Hydroxylamine sodyum salt (NHA-Na), Boraks, ve Borik asit ile farklı oranlarda muamele ettikleri ve üreformaldehit tutkalı kullanılarak elde edilen liflevhalarda eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde oluşan azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığını, yapışma direncinin ise bir dereceye kadar azalma olduğunu bulmuşlardır.

Ayrılmış ve ark. (2005), Disodium octaborate tetrahydrate (DOT), Borik asit (BA), Melamin fosfat (MP), ve BA/DOT karışımı kimyasal maddelerin, OSB levhası fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine olan etkisini belirlemek için OSB levha yüzeyine spreyleme yöntemi ile uygulamışlardır. Levhalarda kalınlık ve su alma miktarlarında artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Nemli ve ark. (2005), continuous pressed laminate (CPL), yüzey kaplama materyalleri ve odun kaplama tiplerinin yapışma direnci hariç, mekanik direnç özelliklerini artırdığı ve fiziksel özelliklerden kalınlık artışında ise azalma olduğunu belirlemiştir.

Usta ve Ustaömer tarafından (2008), kimyasal madde olarak %1 ve %3 oranında Borik asit (BA), Sodyum perborattetrahidrat (NPB) ve Çinkoborat (ZNB) kullanmış ve elde edilen MDF levhalarda, tüm bor bileşiklerinin su alma ve kalınlığına şişme değerlerini artırdığı bildirilmiştir. FR amaçlı kullanılan bor bileşikleri odun ve ahşap esaslı levhalar üzerinde, inorganik tuz olmaları nedeniyle higroskopisiteyi artırdığı buna bağlı olarak direnç özelliklerini azalttığı, yüzey özelliklerini etkileyerek yüzey pürüzlülüğünü artırdığını tespit etmişlerdir.

Laks ve Palardy (1993), borlu bileşiklerle muamele edilen kompozit malzemelerde, tutkal ile ağaç malzeme arasında gerçekleşen bağlanma etkisinin malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisinin olduğunu saptamışlardır.

LeVan ve ark. (1990), çeşitli yanmayı engelleyici emprenye maddeleri ile işlem gören Güney sahil çamı deney örneklerinin eğilme direnci değerlerinde %10 ile %20 azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Ustaömer ve ark. (2009), borlu bileşiklerin kompozit malzemelerin yapısal özellikleri üzerine çeşitli etkiler yaptığını ifade etmişlerdir. Çalışmalarında FR amaçlı kullanılan borlu bileşiklerin; odun ve odun esaslı levhaların direnç özelliklerini olumsuz etkilediğini, inorganik tuzlar olmaları sebebiyle higroskopisite seviyesini yükselttiklerini, yüzey özelliklerini olumsuz etkileyerek yüzey pürüzlülüğünü artırdıklarını belirlemişlerdir.

Baysal ve ark. (2005b), sarıçam odununun yanmayı geciktirici etkisi bilinen amonyum sülfat, diamonyum fosfat, borik asit ve boraks ile muamele edildiğinde higroskopisitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada higroskopisite

üzerine alüminyum sülfat ve diamonyum fosfat kimyasallarının borik asit ve boraks kimyasallarına kıyasla daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

Barnes ve Murphy (2006), MDF ve OSB örneklerini buhar fazında trimetil borat kaynağıyla muamele etmiştir. Muamele işleminin bağlanma direnci, kalınlığına şişme ve su emme değerleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak su emme üzerine muamele işleminin MDF ve OSB üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir. Yüksek bor içeriğinin MDF' nin bağlanma direncini düşürürken, OSB üzerinde negatif etki yaptığı, kalınlığına şişmede MDF de düşüş OSB de ise az miktarda etkili olduğu belirtilmiştir.

Uysal ve Kurt (2005), örnekl olarak sarıçam, kayın, ıhlamur ve kestane odunları ile kimyasal madde olarak ise boraks, borik asit, boraks+borik asit karışımını kullanmışlar ve yapışma direnci üzerinde üre formaldehit, fenol formaldehit ve PVAc tutkalının etkisini araştırmışlardır. Sonuçta en iyi sonuca üre formaldehit tutkalı kullanılan borik asitle empenye edilmiş örneklerde ulaşılmasına rağmen tüm bor bileşiklerinin malzemelerin yapışma direncini olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir.

Ayrılmış ve arkadaşları (2006), Akaba odunundan elde edilmiş kaplama levhalardan elde edilen kontrplaklar üzerindeki çalışma için, boraks %3, %6; borik asit %3, %6; monoamonyumfosfat %3, %11 ve diamonyumfosfat %3, %11 konsantrasyonlarındaki kimyasal maddeler ile empenye edilmiş ve yüzey pürüzlülüğü özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda yüzey pürüzlülüğü en yüksek %6 konsantrasyondaki borik asit ile en düşük ise %3 konsantrasyondaki boraks ile empenye edilen kontrplaklarda bulunmuş olduğu belirtilmiştir.

Çolakoğlu ve ark. (2003), borik asitle muamele edilmiş kayın odunundan elde edilmiş lamine levhaların mekanik özelliklerinin araştırılması çalışmasında borik asitle empenye işleminin levha üzerinde eğilme ve elastikiyet modülünde az bir düşüşe sebep olmasına karşılık istatistiksel anlamda önemli düzeyde olmadığı belirtilmiştir.

Baysal ve ark. (2006), ağaç malzemenin empenyesinde kullanılan borlu bileşiklerin, ağaç malzemenin higroskopisitesi üzerine etkisini belirlemek üzere yapmış oldukları bir çalışmada sarıçam örneklerine, boraks, borik asit ve boraks + borik asit karışımının %1, %2, %3, %4, %5 ve %6 sulu çözeltisi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda en düşük higroskopisite değeri %1 boraks+borik asit karışımında, en yüksek değer ise boraks+borik asit karışımının %6 sulu çözeltisinde meydana geldiği bulunmuştur.

Acar ve Akaltun (2007), yapmış olduğu bir çalışmada, douglas odunu bor bileşikleri ile empenye edilmiş ve higroskopisitesi incelenmiştir. Deney sonucunda boraks ile empenye edilmiş örnekler kontrol örneklerine kıyasla %3 artış gösterirken, boraks+

borik asit (7:3) karışımı ile emprenye edilen örneklerin ise higroskopisitesinin kontrol örneğine kıyasla %4.98 azaldığı belirlenmiştir.

Baysal ve arkadaşları (2005b), ahşap esaslı odun polimer kompozitlerinin bazı fiziksel biyolojik mekanik ve yanma özellikleri incelemek için borik asit ve boraks karışımı ile muamele etmişlerdir. Borik asit ve boraks karışımı odun polimer kompozit örneklerinde eğilme direnci ve elastikiyet modülü azalmış, su alma ve kalınlık miktarlarının ise arttığı tespit edilmiştir.

B- Yanma Mukavemeti İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Hashim ve ark. (2009), kuru lif ağırlığına göre sodyum alüminat, çinko borat ve alüminyumtrihidrat yanmayı geciktirici kimyasal maddelerinin %10, %15, %20 ve %30 oranları ile %15 üreformaldehit tutkalı kullanarak elde ettikleri MDF levhalarda yanma direnci özelliklerini araştırmışlardır. Sonuçta yanmayı geciktirici kimyasal maddenin artış miktarına bağlı olarak kömürleşme ve ağırlık kaybında azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Uzel (2006), yonga levha ve MDF' deki yanma özellikleri üzerindeki etkiyi araştırmak için yapmış olduğu çalışmada, kimyasal olarak amonyum klorür, borik asit, çinko klorit ve diamonyum fosfatı, yüzeylere uygulama yöntemi olarak ise fırça ile sürme ve daldırma yöntemlerini kullanmıştır. B1 sınıfı yanma testleri uygulanarak numuneler tarafından emilen madde miktarı, tutuşma süresi, alevli yanma süresi, kor halde yanma süreleri tespit edilmiş ve kimyasal madde türü ve uygulama yönteminin bu özellikler üzerinde etkisi araştırılmıştır. Yapılan istatistiksel analizlere göre, yanma özellikleri üzerinde kullanılan kimyasal madde türü ve bu maddelerin yüzeylere uygulanış yöntemlerinin etkili olduğu bulunmuştur. Daldırma yönteminde levhalar tarafından emilen madde miktarının fırça ile sürmeye göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Alevli yanma süresinin kısalmasında, yonga levhaya borik asidin fırça ile sürülmesinin ve diamonyumfosfatın ise daldırma yöntemiyle muamele edilmesinin etkili olduğu belirlenmiştir. Yonga levhalara daldırma yöntemiyle uygulanan diamonyumfosfatın aynı zamanda kor halinde yanma süresini de azaltan en etkili yöntem olduğu bulunmuştur. Daldırma yöntemiyle borik asit nüfuz ettirilen yonga levhalarda yanma alanının azaldığı belirlenmiştir. Yonga levhalara kıyasla MDF üzerindeki tüm yanma özelliklerinden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Özkaya ve arkadaşlarının (2007), yaptığı bir çalışmada OSB levhalarının yanma özelliği üzerine, yanmayı geciktirici kimyasal maddelerden potasyum karbonat, boraks ve volmanitin etkileri araştırılmıştır. En iyi sonucu, tutuşma süresinin en uzun ve alevli yanma

süresinin en kısa olması ile potasyum karbonat ve boraksın verdiği belirlenmiştir. Batırma yönteminin ise en etkili yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Malony'nin (1977), yapmış olduğu bir çalışmada; ağaç malzeme ve kompozit malzemeleri yangından korumak için kullanılabilecek en uygun kimyasal maddelerin; borik asit, amonyum fosfat ve borat, amonyum sülfat, çinko klorit, fosforik asit, dicyanodiamide ve sodyum borat olduğu tespit edilmiştir.

Baysal ve ark. (2005a), ahşap esaslı odun polimer kompozitlerinin bazı fiziksel biyolojik mekanik ve yanma özellikleri incelemek için borik asit ve boraks karışımı ile muamele etmiştir. Borik asit ve boraks karışımı odun polimer kompozit örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü azalmış, su alma ve kalınlık miktarı artmıştır. Ancak yanmaya ve çürüklük mantarlarına karşı ise direncinin arttığı belirtilmiştir.

Yalınkılıç ve ark. (1995), Douglas göknarı odununda yapmış olduğu çalışmada borlu bileşiklerin sulu çözeltileri ve çeşitli su itici maddelerin kullanılması ile emprenye edilmesi sonucunda, yanmayı artırıcı etkilerin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir.

Tran ve LeVan (1990), ağaç malzemenin yanmaya karşı direncinin artırılmasında boraks ve borik asidin çeşitli karışımlarının daha etkili olduğu bulunmuştur.

Yalınkılıç ve ark. (1997b) ve Özçifçi, (2001), bazı borlu bileşikler ve su itici maddelerle (SİM) emprenye edilerek yanma özellikleri incelenen kızılçam odununda borlu bileşiklerin odunun yanma direncini artırırken, SİM' den kaynaklanan yanmayı artırıcı etkiyi ise belli ölçülerde azalttığı belirlenmiştir.

Yalınkılıç ve Örs (1996a), Douglas (Pseudotsuga Menziesii (mirb) Franco) odununun yanma özelliklerinin incelenmesi için borlu bileşikler ve PEG-400'lü gruplarla emprenye edilmiştir. Borlu bileşiklerin etkili olduğu belirlenirken, polietilenglikollü grupların olumsuz etki ettiği belirlenmiştir.

Uysal (2004), Yalınkılıç ve ark. (1997a) ve Baysal (2002), yaptıkları bir çalışmada ağaç malzemenin yanıcı özelliğini borlu bileşiklerin önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Ayrılmış (2007a), odun ve odun esaslı levha ürünlerinin yanma dayanımlarını artırmak, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı korumak için borlu bileşikler kullanılmaktadır. Ancak bu bileşikler yapısal özellikleri gereği; malzemelerin mekanik ve fiziksel direnç özellikleri yanı sıra yüzey özelliklerinde de bazı olumsuz etkiler meydana getirdiğini ifade etmektedir.

Uysal ve Kurt (2005), sarıçam ve kayın odunlarından elde edilen örnekleri boraks, borik asit ve boraks+borik asit karışımından oluşan kimyasal maddelerle emprenye etmiş

ASTM E-69 standartlarına göre yanma deneylerini yapmışlardır. Çalışma sonucunda ağırlık kaybı, AKY (Alev Kaynaklı Yanma) ağırlık kaybı, yanma sıcaklığı ve CO miktarı araştırılmıştır. En yüksek ağırlık kaybının kayın ağacı kontrol örneklerinde en düşük ağırlık kaybı ise boraks+ borik asit karışımı ile elde edilmiştir. AKY da ise ağırlık kaybı en fazla kayın odunu kontrol örneğinde, en az ise boraks+ borik asit karışımı ile muamele edilmiş odun örneklerinde görülmüştür. Yanma sıcaklık değerlerinde ise en yüksek değer kayın ve sarıçam odunu kontrol örneklerinde, en düşük sıcaklık değeri ise boraks+borik asit karışımı ile emprenye edilmiş sarıçam odun örneklerinde belirlenmiştir. CO miktarı en fazla boraks ile muamele edilmiş kayın ağacında, en düşük CO miktarı ise boraks+borik asit ile muamele edilmiş sarıçam odun örneklerinde tespit edilmiştir.

Li ve ark. (2000), Çin' de Manchurian bölgesinde yetişen dişbudak ağacından elde edilen kondenze fazdaki ligninin kömürleşme prosesine ve termal bozunma mekanizmasına, amonyum polifosfat, amonyum dihidrojen fosfat, borik asiti kullanarak bu kimyasalların etkilerini belirlemek için TGA, FTIR, XPS analiz yöntemleri kullanılarak bir çalışma yapmışlardır. FR kimyasallarının, dişbudak ligninindeki C-O bağlarını ayırarak uzun karşılıklı zincir oluşumunu katalizleyerek kömür oluşumunu artırdığı tespit edilmiştir. Amonyum dihidrojen fosfat ve amonyum polifosfatın kömürleşme miktarına borik asitten daha etkili olduğu bulunmuştur.

Duquesne ve ark. (2001), yanma dayanımı üzerine poliüretana (PU) ve amonyum polifosfat (APP) ilavesinin etkisini belirlemek için oksijen indeks yöntemini kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda APP ilavesi ile yanma etkinliğinin artırıldığı tespit edilmiştir. TGA test sonuçlarına göre ilave edilen APP kimyasalının dekompozisyonu hızlandığını fakat yüksek sıcaklıkta kalan madde miktarını arttırdığını belirlemişlerdir. Ayrıca bu kalıntı maddelerin yanmaya karşı bir bariyer görevi oluşturduklarını da tespit etmişlerdir.

Özçifci (2001), 2.6 mm kalınlığında papel kaplamaların, dış katmanları doğu kayını ve sarıçam odunu, orta katmanı ise kavak odunundan elde edilmiştir. Emprenye maddesi olarak Tanalith-C 3310, boraks, borik asit, boraks+borik asit karışımı ve diamonyum fosfat kullanılmıştır. Dolu hücre yöntemiyle emprenye işlemi yapılmış, fenol formaldehit ve melamin formaldehit tutkalları kullanılarak yapıştırma işlemi yapılmış, 5 ve 8 katmanlı lamine ağaç malzeme elde edilmiştir. Yanma deneyleri yapılmış ve en fazla yanmayı azaltıcı etkiyi boraks+borik asit karışımı ile diamonyum fosfatın yaptığı belirlenmiştir.

Okçu (2006), yanmayı geciktirici kimyasal olarak boraks ve çinko klorürle emprenye edilmiş ağaç malzemedan 2, 3 ve 4 katlı lamine ağaç malzeme elde edilmiş,

yanma ve yapışma özelliklerinin belirlenmesi için ASTM-D 1413-76 esaslarına uygun şekilde emprenye işlemi yapılmış VTKA (D-VTKA) ve polivinilasetat (PVAc) tutkalları ile preslenmiş ve LVL elde edilmiştir. Yanma deneyinde en yüksek ağırlık kaybı 43.1 g, O₂ miktarı %20.4, CO miktarı 2834.7 ppm, sıcaklık değeri 398.5 °C ve kül oranı %82.4 elde edilmiştir. Yanma üzerinde emprenye maddesi ve lamine katman sayısının da etkili olduğu belirlenmiştir.

Örs ve ark. (1999c), borlu bileşiklerin ve su itici maddelerin sarıçam odununun yanma özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada emprenye maddesi olarak borik asit, boraks, sodyum perborat'ın sulu veya polietilen glikol (PEG-400)'de çözündürülmüş preparatları ile su itici madde olarak ise; parafin, stiren, metil metakrilat ve izosiyonat kullanılmıştır. Bor bileşikleri KKY ve KHY (Kor Halinde Yanma) esnasında etkili olmuştur. Alev kaynaklı yanma halinde en yüksek değer PEG-400+borik asitle (481.76 °C), kendi kendine yanma sırasında en yüksek değer PEG-400+borik asitle (464.72 °C) elde edilmiştir. En az ağırlık kaybı stiren ve sodyum perboratta gerçekleşmiştir.

Baysal (1994), kızılçam odunu, yanmaya karşı etkisinin araştırılması için boraks, borik asit, stiren, metilmetakrilat, polietilen glikol ve parafin çözeltilerinin farklı konsantrasyonları ile emprenye edilmiştir. Deney sonuçlarında yanmaya karşı korumada en etkili korumanın parafin+borik asit+boraks maddelerinin %15'lik çözeltisinin olduğu bildirilmiştir.

Yanenko (1988), 15 farklı yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle işlem görmüş çam örneklerinin yanmasıyla zehirliliğin belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada termik bozunmayla oluşan gaz ürünlerinin etkisi ve ana bileşim maddesine katkısı, çıkan gaz ürünlerinin (CO, CO₂, HCN, HxOy) analizleriyle belirlenmiştir. Yangın geciktirici kimyasalların zehirli gaz çıkarma oranını azalttığı, bu azalmanın daha fazla koruyucu boya katmanı içeren işlemlerde olduğunu belirlemiştir. Zehirlilik etkisine en büyük katkıyı, çıkan CO gazının etkili olduğu, ağaç malzemenin yanma ürünlerinin potansiyel tehlikelerini belirlemede temel etkenin CO olduğunu belirlemiştir.

Malony (1977), ağaç malzeme ve kompozit malzemeleri yangından korumak için kullanılabilecek en uygun kimyasal maddelerin; borik asit, amonyum fosfat ve borat, amonyum sülfat, çinko klorit, fosforik asit, dicyanodiamide ve sodyum borat olduğu tespit edilmiştir.

Baysal (2002), borlu bileşikler ve melamin reçinesi ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin yanma özelliklerini araştırmış olduğu çalışmada borlu bileşiklerin

yanma parametreleri açısından, yanma özelliği üzerinde önemli iyileştirmeler yaptığını bulmuştur.

Yalınkılıç ve Örs (1996), yanma özelliklerini incelemek için Duglas odunu örneklerini borlu bileşikler ve PEG-400 ile emprenye etmiş olduğu çalışmada, deney sonucunda polietilenglikollü grupların (PEG) olumsuz etki gösterdiğini, borlu bileşiklerin ise PEG' e kıyasla daha etkili olduğu bulunmuştur.

Yalınkılıç ve ark. (1997b) ve Özçifçi (2001), yapmış oldukları çalışmalarda borlu bileşikler ve su itici maddeler (SİM) ile emprenye edilen kızılçam odunu örneklerinin yanma özellikleri incelenmiştir. Borlu bileşiklerin yanma direncini artırıcı etki gösterdiği belirtilirken, SİM' den kaynaklanan yanmayı artırıcı etkisinin ise borlu bileşikler tarafından önlendiği bulunmuştur.

Hilado ve Murphy (1979), tarafından, organik polimer özellikli ağaçtan kumaşa kadar geniş bir yelpazede malzemelere tutuşma, alev yayılması, duman yoğunluğu testleri uygulanmıştır. Yapılan tutuşma deneyi sonucunda 8 w/cm^2 değerinde üst yüzeysiz sert lif levha (HDF), meranti kontrplak ve PVC kaplaması tutuşma dayanımını en iyi sağlayan malzemeler olarak tespit edilmiştir.

C- Mantar Çürüklük Dayanımı ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Şen ve ark. (2002), çalışmalarında, ekstraktif çözeltileri ile emprenyeli odunlar üzerinde mantar misellerinin gelişimlerinin olumsuz yönde etkilendiğini, yüzde üçe kadar olan konsantrasyonlarda misel gelişimlerinin yavaşladığı, yüksek konsantrasyonlarda ise durduğunu belirtmişlerdir.

Manning ve ark. (1997), yapmış oldukları bir çalışmada %1 ile %1.6 borik asit eşdeğerde borlu bileşik retensiyonları gerek termitler ve gerekse mantarlara karşı koruma için yeterli olduklarını belirtmişlerdir.

Bor bileşikleri ağaç malzemeyi tahrip eden böceklerle ve mantarlara hem insektisit ve hem de fungusit özellik gösteren tek emprenye maddesi olarak kabul edilmektedir. Bor bileşikleri mantarlarda hüflerin ve sporların anormal gelişimine ve üreme sırasında gametlerin ayrılmasında başarısızlığa neden olarak mantar gelişmesini durdurmaktadırlar. Aynı zamanda oksit formundaki ko-enzimler bor iyonlarının hedefi olarak, mantar organizmasının metabolik sistemini de bozmaktadırlar (Lloyd, 1998).

Bor iyonları biyolojik membranlardan kolaylıkla nüfuz edebilmekte ve oluşturduğu komplekslerle yaşayan organizmalarda açlık etkisi oluşturarak toksik özellik kazandırmaktadır (Yamaguchi, 2003).

Bor bileşikleri aynı zamanda termitler ve böcekler gibi diğer odun zararlılarına karşı etkin olarak kullanılmaktadır. Fiziksel olarak borun ağaç malzeme içerisinde çökeltilmesi işlemleri de borun yıkanmasını önlerken, aynı zamanda da biyolojik zararlılara karşı sinerjistik etki elde edilebilmiştir (Kartal ve Imamura, 2004).

Akbulut ve ark. (2004), N²-N-(1,8-Naphthalyl) hydroxylamine sodium salt (NHA-Na), boraks ve borik asit ile farklı oranlarda muamele ettikleri, üreformaldehit tutkalı kullanılarak elde edilen lif levhalarda mantar çürüklük testi yapmışlardır. Sonuçta mantar çürüklüğü ve termitlere karşı direncin arttığını bulmuşlardır.

Ayrılmış ve ark. (2005), Disodium octaborate tetrahydrate (DOT), borik asit (BA), melamine phosphate (MP), ve BA/DOT karışımı kimyasal maddelerin, OSB levhası mantar çürüklüğü üzerine olan etkisini belirlemek için OSB levha yüzeyine spreyleme yöntemi ile uygulamışlardır. Levhalarda beyaz ve kahverengi mantarlarına karşı çok iyi bir koruma olduğu belirlenmiştir. Boron ile muamele edilen örneklerdeki ağırlık kaybı MP'ye göre daha iyi sonuç vermiş ama MP oranının artırılması ile ağırlık kaybının azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.

Yalınkılıç ve ark. (1996b), çürüklük direnci üzerine ahşap esaslı levhaların yüzeylerinin kaplanmasında kullanılan kağıdın ağırlığı, cila tipi ve CPL yapısının önemli olmadığını ama levhaların yüzeyinin kaplanması ile çürüklük direnci üzerine olumlu etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada yüzey kaplama malzemelerinin mantarların odun hücrelerine ulaşmasını engellediği, formaldehit içeriğinin de kendi kendine mantar çürüklüğüne karşı etkili olduğu ifade edilmektedir.

Ustaömer ve ark. (2009), bor bileşiği boraks ve borik asit kullanarak elde ettikleri orta yoğunluktaki liflevha (MDF) üzerinde beyaz çürüklük mantarının etkisini araştırmışlardır. Sonuçta %10 boraks kullanılan deneme levhalarının borik asit kullanılan deneme levhalarından daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Şimşek ve ark. (2010), amonyum tetrafluoroborat (AFB), sodyum tetrafluoroborat (SFB) ve amonyum pentaborat oktahidrat (APB) borlu bileşiklerinin mantar çürüklüğüne karşı direnci belirlemek için 12 hafta süreyle beyaz çürüklük mantarı ile çalışma yapmışlardır. Neticede borlu bileşiklerle empenye edilen deney örneklerinin mantar çürüklüğü değerlerinin empenyesiz kontrol örneklerine kıyasla istatistiksel anlamda önemli derecede daha yüksek değerler verdiğini bulmuşlardır.

Ayrılmış ve ark. (2005), boraks, borik asit ile %3-6 oranlarında, monoamonyum fosfat ve di amonyum fosfat yangın geciktiricileri ile %3-11 oranlarında kontrplak levhaları muamele edilmiştir. Sonuçta MAP ve DAP ile muamele edilen kontrplak

levhalarındaki *Fomitopsis palustris* kahverengi çürüklük mantarı ve *Trametes versicolor* beyaz çürüklük mantarının sebep olduğu ağırlık kaybı, Boraks ve borik aside kıyasla daha fazla olmuştur. Sırasıyla en az, borik asit, boraks, dap ve map şeklinde olmuştur.

Lloyd (1998), borlu bileşiklerin ağaç malzemeyi yanmaya karşı korumasının yanı sıra aynı zamanda mantar ve termit gibi zararlılara karşıda etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Winandy ve ark. (1990), borlu bileşiklerle emprenye edilen odunun biyolojik zararlılara karşı kullanım ömrünün arttığını deneylerle belirlemiştir.

Kartal ve ark. (2005), termit ve mantar çürüklük testi için yapmış oldukları bir çalışmada boraks, borik asit, monoamonyum fosfat ve diamonyum fosfat kimyasallarını kullanmışlardır. Çalışmada boraks ve borik asidin, monoamonyum ve diamonyum fosfata kıyasla daha az ağırlık kaybı olmasından dolayı daha etkili olduğu bulunmuştur.

Baysal ve Yalınkılıç (2005a), yanmayı geciktirici etkisi bilinen borlu bileşiklerin ağaç malzemenin biyolojik performans özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi çalışmasında, Sugi (*Cryptomeria japonica* Don.) odunu deney örnekleri *Tyromyces palustris* ve *Coriolus versicolor* mantarlarına maruz bırakılmıştır. 12 hafta sonucunda, borlu bileşikler ile muamele edilen örneklerde kontrol örneğine kıyasla, çürüklük mantarına karşı ağırlık kaybında önemli ölçüde bir azalma olduğu bulunmuştur.

Baysal ve ark. (2005), ahşap esaslı odun polimer kompozitlerinin bazı fiziksel biyolojik mekanik ve yanma özelliklerini incelemek için borik asit ve boraks karışımı ile muamele etmiştir. Ancak yanmaya ve çürüklük mantarlarına karşı ise direncinin arttığını belirlemiştir.

Nemli ve ark. (2005), çalışmalarında continuous pressed laminate (CPL), yüzey kaplama materyalleri ve odun kaplama tiplerinin mantar çürüklük direncini artırdığını belirlemişlerdir.

OSB levhaları, disodium octaborate tetrahydrate (DOT), borik asit (BA), melamine fosfat (MP) ve BA/DOT karışımı ile %2, %4 ve %6 oranlarında püskürtme yöntemi ile muamele edilmiş ve çürüklük mantarı üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Beyaz ve kahverengi çürüklük mantarına karşı OSB levhalarının ağırlık kaybının önlenmesinde bu kimyasallar oldukça etkili olmuşlardır (Ayrılmış ve ark., 2005).

Yangın geciktiricilere (Monoammonium phosphate (MAP), Diammonium phosphate (DAP) ve Ammonium sulphate (AS)) kıyasla amonyak bileşikleri dodecyl dimethyl ammonium chloride (DDAC) ve dodecyl dimethyl ammonium tetrafluoroborate (DBF) çürüklük mantarına karşı daha etkili olmuşlardır (Terzi ve ark., 2009).

D- Formaldehit Emisyonu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Groah ve ark. (1984), yapmış olduğu çalışmada ahşap esaslı kompozit levhaların formaldehit emisyonunun, yüzeylerinin dekoratif vinyl film veya melamin emdirilmiş kağıt ile kaplanması sonucunda azaldığını belirlemişlerdir.

Çolakoğlu ve ark. (2006), tarafından odun ve oduna dayalı ahşap levhalar (kontrplak) üzerinde desikatör metodu ile formaldehit emisyonu araştırması yapılmıştır. Tutkala, tam kuru lif ağırlığına göre %5 ve %10 boraks karıştırılmıştır. En fazla formaldehit emisyonu azalması %10 boraks oranında belirlenmiştir. Ancak boraksın tutkal içindeki artış miktarına oranla, formaldehit emisyonunda aynı oranda azalma olmadığı tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Deneysel çalışmalar sırasında kullanılan hammadde, kimyasal maddeler, tutkal, uygulanan deney planı, kullanılan cihazlar ve levhalara uygulanan testlere ait bilgiler aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

2.1.1. Hammadde

Bu çalışmada odun hammaddesi olarak; Kastamonu Entegre'den temin edilen, yapraklı ağaç odunlarından ve iğne yapraklı ağaç odunlarından elde edilmiş lifler karışım olarak kullanılmıştır. Karışım oranı %50 kayın, %50 sarıçam liflerinden oluşturulmuştur. Lifler tutkallı istenilen rutubete kadar kurutulmuş levha üretimine hazır halde alınmıştır.

2.1.2. Kimyasal Maddeler

Bu çalışmanın yürütülmesinde, gerek yangın gerektirici olarak gerekse de diğer amaçlarla deneme levhalarının üretiminde kullanılan tüm kimyasal maddelerin teknik özelliklerine aşağıdaki başlıklarda yer verilmiştir. İlerleyen bölümlerde görüleceği üzere; Bu kimyasallar, deneylerin yapılış planına uygun olarak değişik % oranlarında kullanılmıştır. Böylece, değişik kimyasal maddelerin, farklı oranlarının elde edilen laminat parkelerin yangına karşı direncinin artırılmasındaki etkisi belirlenmiştir.

Borik Asit (H_3BO_3)

Borik asit, bor minerallerinin sülfürik asit ile reaksiyonu sonucunda elde edilmektedir. Orto borik asit adıyla da bilinen borik asit; güçlü antiseptik, insektisit, yanmayı geciktirici özelliklere sahip olması sebebiyle endüstrinin her alanında kullanılan ılımlı bir asittir. Borik asit kimyasalına ait özellikler Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Borik asit kimyasalına ait fiziksel özellikler

Özellikler	Birim	Miktar
Yoğunluğu	g/cm^3	1.435
Suda çözünürlüğü	g/l	25
Dökme Ağırlığı	kg/m^3	780–815
Erime noktası	$^{\circ}C$	185
Görünüm	Beyaz, kokusuz,	–

Boraks (Na₂B₄O₇.10H₂O)

Boraks, bor madeninin en önemli rezervidir. Rezerv bakımından dünyada en çok Türkiye’de bulunmaktadır. Boraks, çok güç eriyen sert bir malzemedir (Baysal, 1994). Boraks yanmaya karşı korumada etkilidir. Suda çözünürlüğü çok düşük olup, %2.52’ dir. Ancak, diğer koruyucu maddelere karıştırılmak suretiyle kullanılmaktadır. Yüzejde sürülerek kullanıma uygun değildir (Berkel, 1972a).

Türkiye, çıkardığı borun %80’ ini işlemeden ihraç etmektedir. Elektriği çok az iletir (Baysal, 1994). Demirde korozyon meydana getirmez (Berkel, 1972a). Boraks kimyasalının özellikleri Çizelge 2.2’ de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Boraks kimyasalına ait fiziksel özellikleri

Özellikler	Birim	Miktar
Yoğunluğu	g/m ³	1.815
Suda çözünürlüğü	g/l	25
Molarite	g/mol	201.22
Erime noktası	°C	741
pH	–	9–10
Kaynama noktası	°C	1575

Amonyum polifosfat

İnorganik fosfor bileşikleri, kırmızı fosfat ve amonyum fosfat bromun yerine yaygın olarak kullanılır. Suda çözünebilir amonyum polifosfat, amonyum fosfattan üretilir. Birkaç kristal form şeklinde bulunurlar. Ticari ürün farkları ise molekül ağırlığı, partikül boyutu, çözünürlüğü ve yüzey kaplama özelliği olarak belirtilir. Suda çözünen amonyum polifosfat tekrarlanan OP(O)(ONH₄)’ ün uzun zincirlerinden oluşur. Amonyum polifosfat şişen ve konvansiyonel el boya ve izolasyon maddelerinde kullanılır. Ayrıca termoplastiklerde alüminyum trihidroksit veya melamin gibi yangın geciktiricilerle kombinasyon halinde de kullanılır. Çevre ve insan için toksik zararının olmadığı bildirilmiştir. Kullanımları esnasında emisyon oranları ihmal edilecek düzeydedir (Weil, 1994). Yanmayı geciktirici olarak kullanılan amonyum polifosfat kimyasalının fiziksel özelliklerine ait bilgiler Çizelge 2.3’ te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Amonyum polifosfata ait fiziksel özellikler

Özellikler	Birim	Miktar
Yoğunluğu	g/cm ³	–
Suda çözünürlüğü	°C	20
Erime noktası	°C	250
pH	–	10
Kaynama noktası	°C	–
Hacim yoğunluğu	kg/m ³	600

Alfa-x

Özen kimyadan temin edilen Alfa-x yanmayı geciktirici kimyasal maddenin özellikleri aşağıdaki Çizelge 2.4' de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Alfa-x kimyasalına ait özellikler

Özellikler	Birim	Miktar
Yoğunluğu	g / cm ³	0.847
Suda çözünürlüğü	°C	–
Molarite	g / mol	–
Erime noktası	°C	70
pH	–	3.74
Kaynama noktası	°C	380
Renk	Beyaz	–
Koku	Yok	–
Uygulama	Toz	–

Alfa-x yanmayı geciktirici kimyasal maddesi polimer tamamlayıcı olmakla beraber, çeşitli ürünlerin üretim proseslerine eklenmek suretiyle kullanılmaktadır. Termoplastik, boya, kablo, sentetik, membran ve ahşap esaslı levhalarda kullanılmaktadır. Yanmaya karşı 1500 °C kadar etkili olmaktadır.

Çalışmalarda tanecik boyutu 200 mesh'den küçük boraks, borik asit, amonyum polifosfat ve alfa-x kimyasalı kullanılmıştır.

2.1.3. Tutkal

Üreformatdehit Tutkalı

Deneme levhalarının yapımı için kullanılacak lifler üreformatdehit tutkalı ile muamele edilmiştir. Üreformatdehit tutkalı Kastamonu Entegre A.Ş.' den temin edilmiş ve tam kuru lif ağırlığının %10'u oranında kullanılmıştır. Tutkal özellikleri:

Çizelge 2.5. Üreformatdehit tutkalına ait özellikler

Spesifikasyonlar	Birim	Miktar
Tutkal	UF	%10 (Kuru Lif)
Mol Oranı	F/ U & F / (NH ₂) ₂	1.17
Yoğunluk	kg/m ³	1235
Katı Madde	–	55
Viskozite	cps	65
pH	–	8.5
Jell Zamanı	sn	sn (%15 NH ₄ Cl)
Jell Zamanı	sn	47 sn (%10 NH ₄ Cl)

Melamin Formaldehit Tutkalı

HDF deneme levhalarının üzerine kombine edilecek ham haldeki overlay, dekor ve balans kağıdının emprenyesi esnasında Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Tic. AŞ.' nin kendi ürettiği melamin formaldehit tutkalı kullanılmıştır.

Sertleştirici Madde

Üreformatdehit tutkalı için sertleştirici olarak tam kuru tutkal oranına göre %1 amonyum klorür, overlay, dekor ve balans kağıdının emprenyesinde melamin formaldehit tutkalı kullanıldığı için tam kuru tutkal oranına göre %0.5 amonyum klorür sertleştiricisi kullanılmıştır.

2.1.4. Laminat Parke Bileşenleri

Laminat parke bileşenleri taşıyıcı tabaka HDF, alüminyum oksit içeren overlay, çeşitli renk ve desenlerdeki dekor kağıdı ve balans kağıdından oluşur.

HDF (High Density Fiberboard)

Kayın %50 ve sarıçam %50 liflerinin karıştırılıp üreformatdehit tutkalı ile tutkalanıp kurutulduktan sonra kimyasal maddelerle emprenye edilerek tekrar kurutulmuş

ve soğuk presten sonra sıcak preste levhalar oluşturulmuştur. HDF levha üretiminde kullanılan lif ve tutkal özellikleri aşağıdaki Çizelge 2.6' da verilmiştir.

Çizelge 2.6. HDF yapımında kullanılan lif ve tutkal ile ilgili özellikler

Lif Karışımı	%50 Kayın %50 Sarıçam
Lif Rutubeti	%10
Tutkal Tipi	Ürefoformaldehit
Tutkal Miktarı	97 kg/m ³
Mol Oranı	1.17

Overlay Kağıdı

Ham overlay kağıdı, içerisine alüminyum oksit katılan melamin formaldehit tutkalı ile yüzeye sürme şeklinde emprenye edilir. Kullanılan overlay kağıdının emprenyesi için emprenye kazanındaki karışımın özellikleri aşağıda Çizelge 2.7' de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Overlay kağıdı emprenyesinde kullanılan kimyasallar ve oranları

Kimyasallar	Birim	Miktar
10 cm ² Ağırlık	gr	0.27
Melamin Reçinesi	kg	200
Islatıcı	kg	1
Ayrıcı	kg	0.40
Sertleştirici	kg	0.90
Su	kg	35
Jell Time Süresi	dk	3.45

Dekor Kağıdı

Kullanılan dekor kağıtlarının özellikleri ve emprenyesinde kullanılan kimyasal ve miktarları Çizelge 2.8' de belirtilmiştir.

Çizelge 2.8. Dekor kâğıt emprenyesinde kullanılan kimyasallar ve oranları

Kimyasallar	Birim	Miktar
10 cm ² Ağırlık	gr	0.70
Melamin Reçinesi	kg	200
Islatıcı	kg	0.60
Ayrıcı	kg	0.44
Sertleştirici	kg	0.56
Su	kg	45
Jell Time Süresi	dk	5

Dozajlama silindirleriyle belirlenen miktardaki melamin reçinesi emdirilen ham dekor kağıtları, overlay kağıdında olduğu gibi 125–135 °C’ deki 13 adet aynı özellikteki fırınlarda kurutulur. Alttan ısıtılan fırınların üst kısmında dakikada 1000 devirle çalışan fanlar, kağıdın soğumasını sağlamaktadır. Kağıdın gramaj miktarı sıcaklık ve fan devir sayısının değiştirilmesi ile değiştirilebilmektedir.

Balans Kağıdı

Kullanılan balans kağıtlarının özellikleri ve emprenyesinde kullanılan kimyasal ve oranlar aşağıda Çizelge 2.9’ da belirtilmiştir.

Çizelge 2.9. Balans kağıt emprenyesinde kullanılan kimyasallar ve oranları

Kimyasallar	Birim	Miktar
10 cm ² Ağırlık	gr	0.60
Melamin Reçinesi	kg	200
Islatıcı	kg	1.2
Ayırıcı	kg	0.44
Sertleştirici	kg	2
Su	kg	15
Jell Time Süresi	dak	3
Antiblok	kg	0.20
Antidust	kg	0.20

Kraft kağıdın da karışıma farklı olarak yapışmayı önlemek için antiblok, tozlanmayı önlemek için ise antidust adı verilen kimyasallar ilave edilir, diğer işlemler dekor kağıdında olduğu gibidir. Overlay, dekor ve balans kağıtları Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve T.A.Ş.’ den temin edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Deneme Levhalarının Yapımı

HDF levha yapımı için gerekli olan tutkal ve lif Kastamonu Entegre A.Ş. den temin edilmiş ve lifler tutkallanmış olarak alınmıştır. Liflerin tutkallama işlemi çok çabuk sürede yapılmalıdır. Çünkü bekletilen liflerin yapısı bozulmakta ve mekanik özellikleri azalmaktadır. Üretim şablonunun belirlenmesi için, deneme levhaların üretimi aşamasında yoğunluğu $870-1000 \text{ kg/m}^3$ olacak şekilde kullanılacak lif miktarı belirlenmiştir. Belirlenen bu lif miktarı içerisine yanmayı geciktirici kimyasal maddeler, kuru lif miktarına oranla kimyasal madde konsantrasyonu %3, %6 ve %9 olacak şekilde belirlenmiş ve toz halinde katılmıştır. Elde edilen HDF levhaların üzerlerine kaplanacak overlay, dekor ve balans kağıdı da yine HDF levhalardaki gibi %3, %6, %9 oranlarda yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle sulu çözelti halinde tutkala karıştırılmış ama HDF levhalara yapışma problemi ile karşılaşmıştır. Ayrıca yüzeyde pürüzlü ve mat görüntü oluşmuştur. Literatür araştırmasında da bu sorunun tutkal ile bor bileşiklerinin pH uyumsuzluğundan dolayı kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu yüzden yüzeydeki kağıtların yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamelesi olumsuz sonuçlanmış ve çalışmanın bu kısmı iptal edilmiştir.

HDF levhaların $6.5 \times 400 \times 400$ mm ebatlarında yapılması amaçlanmıştır. HDF üretim aşamasında 4 farklı yanmayı geciktirici kimyasal madde ve her biri için 3 farklı % konsantrasyon oranı olmak üzere 12 grup ve kontrol örneği ile birlikte, toplamda 13 grup örnek hazırlanmıştır. Her grup için ise 10 adet levha yapılmıştır. Boraks, Borik asit, Alfa-x ve Amonyum polifosfat gibi yanmayı geciktirici kimyasallar %0, %3, %6 ve %9 oranlarında tutkallanmış ve kurutulmuş lif içerisine toz halinde katılmıştır. Lif; %50 Kayın, %50 İthal sarıçam karışımında olup, rutubet miktarı ise %10' dur. Tutkal olarak, mol oranı 1.17 ve miktar 97 kg/m^3 olan üreformaldehit tutkalı kullanılmıştır. Yoğunluğu $850-1000 \text{ kg/m}^3$ olacak şekilde 400×400 mm faydalı kullanım ebatlarında HDF levhası yapmak için 1300 gr. tutkallanmış lif tartılmıştır. Yanmayı geciktirici kimyasalların her biri (boraks, borik asit amonyum polifosfat ve alfa-x) için %3, %6 ve %9 oranlarında, tam kuru lif miktarına göre tartımları yapılmış ve tutkallı liflerin arasına homojen şekilde karışımı sağlanmıştır. İç hacmi 400×400 mm ebatlarındaki soğuk pres kalıbının içerisine tutkallanmış lifler ile bor bileşiği karışımı uygun ve homojen şekilde serilmiş, dağıtılmış ve karıştırılmıştır. Üzerine ağırlık uygulanarak soğuk pres yapılmıştır. Soğuk pres kalıbından alınan 150 mm kalınlık civarındaki HDF levha taslağı, Cemil Usta SSP 125 pres

makinesinde preslenmiştir. Levhaların yoğunluk profilleri GreCon cihazı ile kontrol edilmiş ve yoğunluk profilleri düzgün şekilde oluşturulmuştur. Basınç miktarı 35 kg/cm² olarak uygulanmıştır. Levhaların pres şartları aşağıda Çizelge 2.10' da gösterilmiştir.

Çizelge 2.10. HDF Pres Şartları

Sıcaklık (°C)	Üst Tabla –183
	Alt Tabla –186
Basınç (kg/cm ²)	35
Süre (sn)	18

Kalınlık ise kalınlık takozları ile 8 mm olarak ayarlanmıştır. Levhaların zımparalama işleminden sonra 6.5 mm kalınlıkta HDF levhalar olması amaçlanmıştır. İlk olarak hiçbir bor bileşiği içermeyen kontrol örneklerinin yanı sıra, her bir bor bileşiği ve her bir % oranı için olmak üzere her grup için 10 ar adet, 13 grup için 130 adet 400x400x6.5 mm ebatlarında HDF levhası üretilmiştir. Levhaların her biri 6.5 mm kalınlık esas olmak üzere zımpara makinesinde 100 ve 150' lik zımpara ile işlem görmüş ve overlay, dekor ve balans kâğıdının daha iyi yapışmasına imkân sağlayacak temiz ve düzgün yüzey haline getirilmiştir. Levhaların yoğunluğu 850–1000 kg/m³ arasında olacak şekilde yapılmıştır. HDF levhalarının üzerine reçine emdirilmiş overlay, dekor ve balans kâğıdı preslenmiştir. Pres şartları aşağıda Çizelge 2.11' de belirtilmiştir.

Çizelge 2.11. Laminat Pres Şartları

Sıcaklık (°C)	Üst Tabla –183
	Alt Tabla –186
Basınç (kg/cm ²)	37
Süre (sn)	18

Yukarıdaki şartlarda emprenye edilmiş overlay, dekor ve balans kâğıtları 450 x 450 mm boyutlarında ölçülendirilmiş ve zımparalanmış haldeki 400x400x6.5 mm HDF levhaya Cemil Usta SSP 125 laboratuvar tipi pres makinesinde Çizelge 2.11' de belirtilen şartlarda preslenmiş ve laminat parke levhası haline getirilmiştir. Levha kenarlarındaki overlay, desen ve balans kâğıdının kenar fazlalıkları alınarak laminat levhalar elde edilmiştir. Pres işleminin yapıldığı Cemil Usta SSP 125 pres makinesinin özellikleri Çizelge 2.12' de verilmiştir.

Çizelge 2.12. Cemil usta SSP 125 T laboratuar tipi pres özellikleri

Teknik Bilgiler	SSP 125 T
Baskı alanı	60x60 cm
Faydalı Alan	50x50 cm
Baskı kuvveti	125 ton
Tabla tam doluyken baskı kuvveti	40 kg/cm ²
Piston çapı	240 mm
Piston sayısı	1
Plaka yapısı	Çelik
Plaka gücü	12 Kwh
Açıklık	200 mm.
Çalıştırma kuvveti	3 Kw
Net ağırlık	1100 kg
Boy	1250 mm
Genişliği	800 mm
Yüksekliliği	2100 mm



Şekil 2.1. Cemil Usta SSP 125 Laboratuvar tipi pres makinesi

2.2.2. Deneme Levhalarının Özelliklerinin Belirlenmesi

Kontrol levhaları ve yanmayı geciktirici değişik kimyasal maddelerin farklı konsantrasyon oranları ile muamele edilen liflerden elde edilen levhaların bazı fiziksel, mekanik özellikleri, yüzey kalite özellikleri, mantar çürüklük dayanımı, küf mantarı, formaldehit emisyon miktarı ve yanma özellikleri belirtilen standartlara uygun olarak yapılmıştır.

Deneme levhalarında yapılan testler ve standartları aşağıda verilmiştir.

A- Fiziksel özellikler

- | | |
|----------------------------------|------------------|
| 1- Rutubet testi | (TS EN 322) |
| 2- Yoğunluk testi | (TS EN 323) |
| 3- Su alma testi | (TS EN 317) |
| 4- Kalınlık artışı (şişme) testi | (TS EN 317) |
| 5- Isı iletkenliği Katsayısı | (ASTM C 1113-09) |

B- Mekanik Özellikler

- | | |
|--------------------------------|--------------|
| 1- Eğilme direnci | (TS EN 310) |
| 2- Eğilmede elastikiyet modülü | (TS EN 310) |
| 3- Yüzey sağlamlığı | (TS EN 311) |
| 4- Yüzeğe dik çekme kuvveti | (TSE EN 319) |

C- Yüzey Kalite özellikleri

- | | |
|--------------------------------------|---------------|
| 1- Aşınma testi | (TS EN 438-2) |
| 2- Çizilme testi | (TS EN 438-2) |
| 3- Küçük ve büyük bilye testi | (TS EN 438-2) |
| 4- Sigara ateşine dayanıklılık testi | (TS EN 438-2) |
| 5- Su buharı testi | (TS EN 438-2) |
| 6- Lekelenme testi | (TS EN 438-2) |

D- Yanma Testi

A- Yanma mukavemetinin Belirlenmesi (ASTM-D 69)

1- Alev kaynaklı yanma (AKY) : Ağırlık kaybı, sıcaklık, O₂, CO

2- Kendi kendine yanma (KKY): Ağırlık kaybı, sıcaklık, O₂, CO

B- TGA Testi (Termal Sıcaklıklardaki Ağırlık kaybı)

C- Limit Oksijen İndeksi Testi (LOI) (ASTM D 2863-09)

E- Formaldehit Emisyonu (TS 4894 EN 120)

F- Mantar Çürüklük Testi (TS 5563 EN 113)

G- Küf Mantarı Testi (ASTM D 4445-10)

H- SEM (Scanning Electron Microscope) Resimleri

2.2.3. Fiziksel Özellikler

Rutubet Miktarının Belirlenmesi

Rutubet miktarının belirlenmesi için deneme levhalarından 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında örnekler hazırlanmış, ± 0.01 g duyarlıklı analitik terazide tartılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Kurutma dolabında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar 103 ± 2 °C sıcaklıkta bekletilmiştir. Her deney parçası kurutma fırınından çıkarılarak desikatörde soğutulmuş ve $\pm 0,01$ gram hassasiyetle terazide, %0.01 den daha fazla rutubet artışını önleyecek hızla tartılmıştır (TS EN 322, 1999).

Rutubet miktarı aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$r = \frac{m_r - m_o}{m_o} \times 100 \quad (2.1)$$

Formülde;

r : Rutubet miktarı (%)

m_r : Örneğin klimatize edilmiş haldeki ağırlığı (gr)

m_o : Örneğin tam kuru haldeki ağırlığı (gr)

Yoğunluk Değerlerinin Belirlenmesi

Yoğunluk tayininde TS EN 323 esaslarına uyulmuştur. Deney örnekleri 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanmış %65 \pm 5 bağıl nem ve 20 \pm 2 °C sıcaklık şartlarında denge rutubetine ulaşıncaya kadar kondüsyonlanmış ve birbirini izleyen iki tartı arasındaki ağırlık farkı deney parçalarının %0.01'inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde bu ağırlık değişmez kabul edilmiştir. Kalınlığı ve iki kenar genişliği ölçüldükten sonra ilgili formüle göre yoğunluk değerleri hesaplanmıştır (TS EN 323, 1999).

$$\delta = \frac{m}{a_1 \times a_2 \times t} \times 10^3 \quad (\text{gr} / \text{cm}^3) \quad (2.2)$$

Formülde;

δ : Yoğunluk (gr/cm³)

m : Hava kuru ağırlık (gr)

a_1, a_2 : Örnek genişliği (mm)

t : Örnek kalınlığı (mm)

Su Alma Oranının Belirlenmesi

24 saat su alma miktarının belirlenmesinde 50x50 mm boyutlarındaki deney örnekleri %65±5 nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar klimatize edilmiştir. Su sıcaklığı 20±1°C olan termostatlı su banyosuna, ağırlıkları 0.01 gr duyarlılıkta tartıldıktan sonra deney örnekleri birbirine değmeyecek şekilde su yüzeyinden 25 mm aşağıya konulmuştur. 24 saat sonra üzerlerindeki fazla suları bir bez yardımıyla alınan deney örnekleri 0.01 duyarlılıktaki terazide tekrar tartılmıştır (TS EN 317, 1999). Kullanılan su her tekrarda değiştirilmiştir.

Su alma miktarı aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir:

$$SA = \frac{m - m_o}{m_o} \times 100 \quad (2.3)$$

Formülde;

SA : Su alma oranı (%)

m : Örneğin 24 saat suda bekletildikten sonraki ağırlığı (gr)

m_o : Örneğin klimatize ağırlığı (gr)

Kalınlık Artışının Belirlenmesi

Kalınlık artışının belirlenmesi için TS EN 317 (1999)' de belirtilen esaslara uyulmuştur. 50x50 mm boyutlarındaki deney örneklerinin kalınlıkları tam orta noktalarından 0.01 mm duyarlılıklı dijital kumpas ile ölçülmüş ve 20±1°C sıcaklıktaki temiz su içerisinde, su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmuştur. 24 saat sonra sudan çıkarılan örneklerin üzerlerindeki fazla su bir bezle alınarak, aynı yerden kalınlık ölçümleri tekrar yapılmıştır. Kalınlık artışı (KA) aşağıdaki formül ile belirlenmiştir:

$$KA = \frac{e_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (2.4)$$

Formülde;

KA : Kalınlık artışı miktarı (%)

e_y : 24 saat suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

e_k : Klimatize haldeki örnek kalınlığı (mm)

Isı İletkenliği Katsayısı Analizi

Isı iletim katsayısı ASTM C 1113–09 (Hot Wire Metot) standardına uygun olarak 100x100x6.5 mm boyutlarındaki numune örnekleri üzerinde belirlenmiştir. Deneme numuneleri 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl nemde klimatize edilmiş ve ölçümler Şekil 2.2’ de ki Quick Thermal Conductivity Meter (QTM) 500 Kyoto cihazı ile KSU ÜSKİM laboratuvarında yapılmıştır. Isı iletkenliği ölçülerek değerler W/m°K olarak kaydedilmiştir.



Şekil 2.2. Quick Thermal Conductivity Meter (QTM 500 Kyoto) marka ısı iletim katsayısı ölçüm cihazı

Isı iletim katsayısı aşağıdaki formül ile bulunmaktadır:

$$\lambda = \frac{q \cdot \ln(t_2 + t_1)}{4\pi(T_2 - T_1)} \quad (\text{W/m}^\circ\text{K}) \quad (2.5)$$

Formülde;

- λ : Isı iletim katsayısı (W/m°K)
- q : Numuneden geçen ısı miktarı (cal)
- $T_2 - T_1$: İki yüzey arasındaki ısı farkı (°C)
- $t_2 + t_1$: Ölçülen zaman aralığı (s)

2.2.4. Mekanik Özellikler

Eğilme Direnci

Eğilme direnci TS EN 310 (1999) standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Deney örnekleri 180x50x6.5 mm boyutlarında hazırlanmış, %65±5 nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar klimatize edilmiştir. Genişlik olarak, yükün uygulanacağı yaklaşık bir noktadan, kalınlıklarda ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde iki noktadan 0.01 mm duyarlılıkta dijital kumpasla ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır. İlgili formüle göre eğilme direnci hesaplanmıştır.

$$E = \frac{3xF_{\max}xl_1}{2xbxt^2} \quad (N/mm^2) \quad (2.6)$$

Formülde;

- E : Eğilme direnci (N/mm²)
F_{max} : Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)
l₁ : Dayanak açıklığı, örnek kalınlığının 20 katı (mm)
b : Örnek genişliği (mm)
t : Örnek kalınlığı (mm)

Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü TS EN 310 (1999) standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numuneleri %65±5 nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar klimatize edilmiştir. Yükleme başlığının hızı en büyük kuvvete 60±30 saniyede ulaşacak şekilde ayarlanmış ve kuvvet deney boyunca sabit tutulmuştur. Elastikiyet modülü aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$Em = \frac{l_1^3x(F_2 - F_1)}{4xbxt^3x(a_2 - a_1)} \quad (N/mm^2) \quad (2.7)$$

Formülde;

- Em : Elastikiyet modülü (N/mm²)
l₁ : Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)
b : Deney numunesinin genişliği (mm)
t : Deney numunesinin kalınlığı (mm)
F₂ - F₁ : Yük sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (Newton)
F₁ : Yaklaşık olarak, en büyük kuvvetin %10' u, F₂ maksimum yükün %40' ı olmalıdır
a₂-a₁ : (F₂-F₁) kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.

Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci TS EN 319 (1999) standardına bağlı kalınarak yapılmıştır. 50x50 mm ebatlarında alınan ve zımparalanan deney numuneleri değişmez ağırlığa gelinceye kadar %65±5 nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklıkta klimatize edilmiştir. Deney numunelerinin uzunluk ve genişlikleri TS EN 325 (1999)' a göre 0.01 duyarlıklı kumpasla ölçülmüştür. Polyvinil asetat tutkalı (PVAc) ile deney numunelerinin her iki yüzeyine standartlarda belirtilen profillere uygun alüminyum aparatlar yapıştırılmıştır. Numuneler üniversal test makinesinin kavrama çeneleri arasına yerleştirilmiş ve çekme kuvveti uygulanarak kırılmıştır. Kuvveti uygulayan başlığın hareket hızı 60±30 saniyede deney parçasını koparacak maksimum kuvvete ulaşacak ve yükü deney boyunca sabit uygulayacak şekilde ayarlanmıştır. Kopmayı gerçekleştiren maksimum kuvvet %1 hassasiyetle ölçülmüş aşağıdaki formül ile yüzeye dik çekme kuvveti hesaplanmıştır.

$$f_t = \frac{F_{\max}}{axb} (N / mm^2) \quad (2.8)$$

Formülde;

f_t : Yüzeye dik çekme direnci (N/mm²)

F_{\max} : Kopma yükü (Newton)

a,b : Deney numunesinin uzunluk ve genişliği (mm)



Şekil 2.3. Yüzeye dik çekme test makinesi ve örnekleri

Yüzey Sağlamlığı

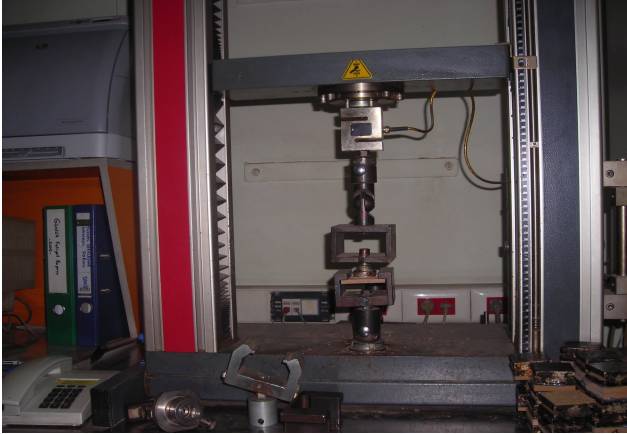
Yüzey sağlamlığı için TS EN 311 (1999) esaslarına uyulmuştur. 50x50 mm boyutlarındaki zımparalanmış deney numuneleri alt ve üst yüzeylerinin tam ortasından iç çapı 35.7 mm (10cm²), derinliği 0.3±0.1 mm olan oyuk freze ile açılmıştır. Deney örnekleri

%65±5 nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklıkta klimatize edilmiş ve mantar şeklindeki çelik bloklara termoplastik tutkal (erime sıcaklığı 150 °C altında olan sıcak erimiş tutkal) ile maksimum 0.3 gr. olacak şekilde sürülmüştür. Bu esnada 0.1–0.2 N/mm² basınç uygulanmıştır. Tutkalın soğuması beklenmiş ve kopma işlemi 30–90 saniyede olacak şekilde ayarlanmış Şekil 2.4’ de ki deney makinesine yerleştirilmiştir. Deney numunesinin yüzeyden kopma kuvveti %1 hassasiyetle ölçülmüş aşağıdaki formül ile yüzey sağlamlığı hesaplanmıştır.

$$YS = \frac{F}{A} (N/mm^2) \quad (2.9)$$

Formülde;

- YS : Yüzey sağlamlığı (N/mm²)
 F : Kopma anındaki kuvvet (Newton)
 A : Yüzey alanı (1000 mm²)



Şekil 2.4. Yüzey sağlamlığı test makinesi ve test örnekleri

2.2.5. Yüzey Kalitesi Özellikler

Yanmayı geciktirici farklı kimyasal madde ve konsantrasyon oranları ile muamele edilen liflerden elde edilen HDF levhalardan üretilen laminat parkenin performans özelliklerine etkisini belirlemek amacı ile Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Tic. AŞ.’ de yapılan test yöntemleri aşağıda verilmiştir.

Aşınma Testi

Aşınma testi için TS EN 438–2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numuneleri 100x100x6.5 mm boyutlandırılmış 23±2 °C sıcaklık ve %50±5 nispi rutubette klimatize edilmiştir. Test için zımpara kağıtlarından tekerler hazırlanmıştır. Deney numunesi taşıyıcıya bağlanarak ve test başlatılmıştır. Her 100 devirde deney numunesi

gözden geçirilmiş ve 200 devirde aşındırıcı kağıt değiştirilmiştir. İlk aşınma noktasına (IP) kadar deneye devam edilmiştir. IP değerlerinin ortalaması alınmış aşınmaya karşı mukavemeti Çizelge 2.13' e göre aşınma sınıflandırması belirlenmiştir.

Çizelge 2.13. Aşınma sınıfları değer aralıkları

Aşınma Sınıfları	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5
Ortalama. IP Değerleri	≥ 900	≥ 1500	≥ 2000	≥ 4000	≥ 6000

Aşınma testi Taber marka 5151 abramer cihazı ile belirlenmiş olup Şekil 2.5' de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Aşınma direnci test cihazı

Taber testi sonucunda laminat parke yüzeyinde meydana gelen aşınma Şekil 2.6' da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Aşınma direnci uygulanmış test örnekleri

Çizilme Testi

Çizilme testi TS EN 438-2 standardına uygun olarak yapılmıştır. 100x100x6.5 mm ebatlarındaki deney numuneleri 23 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50\pm 5$ nispi rutubette klimatize edilmiştir. Testlere 6 Newton' luk bir kuvvetle başlanmış ve iz görülmesi durumunda 0.5 N' luk bir azalmayla işlem tekrarlanmıştır. İz oluşumuna bağlı olarak 0.5 N kademelerle 2 N değerine ulaşıncaya kadar işleme devam edilmiş, bu deneylerde elde edilen eş merkezli izlerin birbirinden en az 2 mm mesafede olduğu belirlenmiştir. Klimatize ortamda 24 saat bekletilen çizilmiş deney numuneleri için en küçük kuvvet değeri kaydedilmiştir. Bu değer çizilme dayanımı değeri olarak belirlenmiştir. Testler Şekil 2.7' de görülen Erichsen marka universal scratch tester model 413 çizilme makinesinde yapılmıştır.



Şekil 2.7. Çizilme direnci test makinesi ve gözlem kabini

Çizilme testi uygulanan deneme örnekleri aşağıda Şekil 2.8' de verilmiştir.



Şekil 2.8. Çizilme direnci test örnekleri

Küçük Bilye Testi

Küçük bilye testi TS EN 438–2 standardına uyulmuş, 230x230xlevha kalınlığı(mm) ebatlarındaki deney örnekleri 23 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50\pm 5$ bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. Örnekler çelik levha üzerine yerleştirilip, ucunda 5 mm çapında bir çelik bilye bulunan çarpma cihazı ile 10 Newton' luk kuvvetle başlanarak 5 Newton artırılarak hasar gözlemleyinceye kadar devam edilmiştir. Hasarın olmadığı durumlarda en büyük yay kuvveti, hasarın olduğu durumlarda ise hasara sebebiyet veren yay kuvveti Newton cinsinden küçük bilye değeri olarak belirlenmiştir. Aşağıda Şekil 2.9' da küçük bilye uygulama yöntemi gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Küçük bilye test aleti

Büyük Bilye Testi

Büyük bilye test değerlerini belirlenmesi için TS EN 438–2 standardına bağlı kalınmıştır. Deney örnekleri $230\times 230\pm 6.5$ mm kenar uzunluğunda ölçülendirilmiş ve 23 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50\pm 5$ bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. Örneklerin üzeri karbon kağıdı ile kaplanmış, üzerine uygun düzenekte çapı 42.8 ± 2 mm, kütlesi 324 ± 5 gr olan parlatılmış bilye düşürülmüştür. Bilyenin düştüğü yerdeki izin çapı ölçülmüş ve test değerleri belirlenmiştir. Şekil 2.10' da büyük bilye testi uygulama düzeneği ve uygulama yapılmış deneme örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Büyük bilye test düzeneği ve levha örnekleri

Büyük çaplı bilye ve küçük çaplı bilye deneyi ile elde edilen sonuçların kombinasyonuna göre sonuçlar Çizelge 2.14' e göre belirlenmiştir.

Çizelge 2.14. Etki sınıflandırması

Etki Sınıflandırılması		Büyük çaplı bilye deneyi (mm)				
		≥ 800	≥ 1000	≥ 1200	≥ 1400	≥ 1600
Küçük çaplı Bilye deneyi (N)	≥ 8		IC1			
	≥ 10					
	≥ 12		IC2			
	≥ 15		IC3			
	≥ 20		IC3			

Su Buharına Karşı Dayanım Testi

Su buharına dayanım testi için 100x100 mm ebatlarındaki deney örnekleri klimatize edilmeksizin, dekoratif yüzü buhara gelecek şekilde içerisinde 200 ml. su olan ve elektrikli bir ısıtıcı ile kaynatılan cam erlenin üzerine yerleştirilmiştir. Bir saat süre ile buhara maruz bırakılan yüzey silinerek fazla su alınmıştır. Numuneler 24 saat sonra çevre şartlarında bekletilmiş ve görünümdeki değişiklik kaydedilmiş ve aşağıdaki skalaya göre numune yüzeyindeki etki belirlenmiştir (TS EN 438-2).

Derece 5: Gözlenebilir bir değişme yok

Derece 4: Belirli açılardan bakıldığında parlaklıkta ve renkte çok az bir değişme var

Derece 3: Parlaklıkta ve/veya renkte orta derecede bir değişme mevcut

Derece 2: Parlaklıkta ve/veya renkte oldukça büyük derecede bir değişme mevcut

Derece 1: Delaminasyon ve/veya kabarcıklaşma mevcut.

Su buharı uygulamasının yapıldığı düzenek aşağıda Şekil 2.11' de verilmiştir.



Şekil 2.11. Su buharı test düzeneği

Sigara Ateşine Dayanıklılık

Sigara ateşine dayanıklılık testi TS EN 438-2 standardına göre yapılmıştır. Kenar boyutları 100±5mm kare şeklinde olan deney örnekleri 23±2 °C sıcaklık ve %50±5 bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. Sigaranın ucundan 10 mm yandıktan sonra sigaranın ucu 20 mm yanıncaya kadar deneye devam edilmiştir. Sigaraların yanması ile ortaya çıkan ısınn etkisinin belirlenebilmesi için örneklerin üzeri %30 etil alkolle temizlenmiş ve deney örnekleri üzerindeki etkileri aşağıdaki skalaya göre belirlenmiştir.

Derece 5: Gözlenebilir bir değişme yok

Derece 4: Parlaklıkta çok az bir değişme veya hafif kahverengi leke mevcut

Derece 3: Parlaklıkta orta derecede değişme veya orta şiddette kahverengi leke var

Derece 2: Koyu kahverengi leke mevcut fakat yüzey yapısında bozulma yok

Derece 1: Kırılma ve/veya kabarcıklaşma mevcut

Sigara ateşine dayanıklılık testinin yapılışı ve laminat parkedeki etkisi Şekil 2.12' de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Sigara ateşi test örneği

Lekelenme Testi Belirlenmesi

Lekelenme dayanımının belirlenmesi için TS EN 438–2 standardında belirtilen ilkelere uyulmuştur. Uygun büyüklükte olan deney örnekleri 23 ± 2 °C sıcaklık, $\%50\pm 5$ bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. HCL ve pigment maddesi içeren sıvı numune 2-3 damla örnek üzerinde damlatılmış ve uygun temas süresi olan 10 dakika süresince bekletilmiştir. Leke yapıcı malzeme deney temizleyici katılmış su veya yüzey temizlemede kullanılan etanol gibi çözücü ile pamukla silindikten sonra örnek üzerinde bir leke kalıp kalmaması gözlemlenmiştir. Deney örneğine 400 mm uzaktan bakılmış, yüzey incelenmiş ve aşağıda belirtilen skalaya göre değerlendirilmiştir.

Derece 5: Gözlenebilir bir değişme yok

Derece 4: Belirli açılarda parlaklıkta ve/veya renkte çok az bir değişme mevcut

Derece 3: Parlaklıkta ve/veya renkte önemli bir değişme mevcut

Derece 2: Parlaklıkta ve/veya renkte önemli bir değişme mevcut

Derece 1: Yüzeyde bozulma ve/veya kabarcıklaşma mevcut

2.2.6. Yanma Deneyleri

Kontrol örnekleri ve yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilen liflerden elde edilen levhaların yanma mukavemetinin belirlenmesi ASTM E–69 standartlarına bağlı kalınarak yapılmıştır. Ayrıca, yanma özelliğinin belirlenmesi yöntemlerinden olan sıcaklık etkisi altında örnekte meydana gelen kütle kaybının belirlendiği TGA analizi de yapılmıştır.

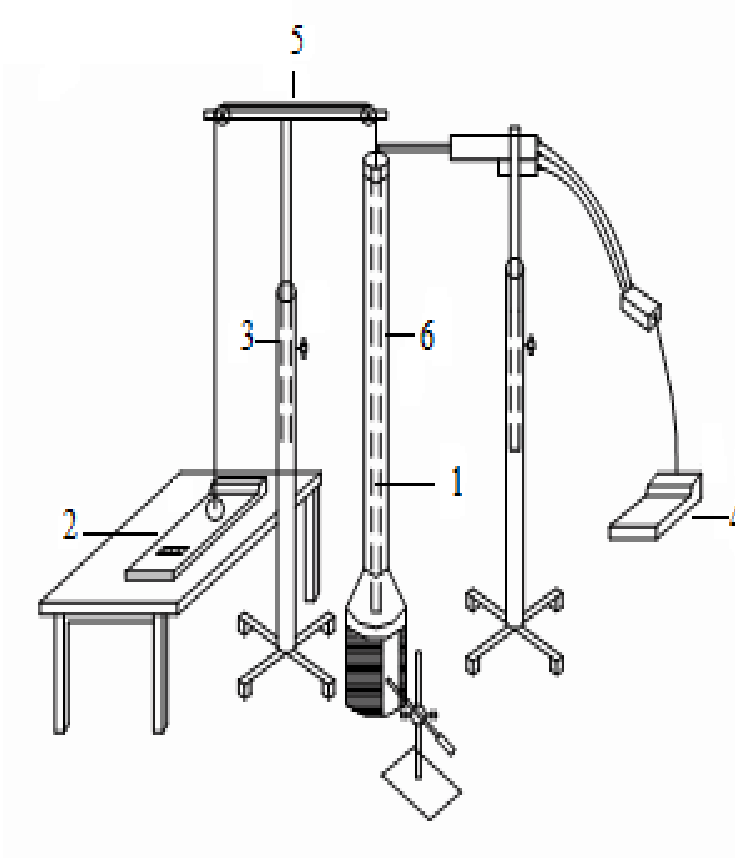
A-Yanma mukavemetinin belirlenmesi (ASTM E-69)

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilmiş liflerden elde edilen levhalarda yanma mukavemetinin belirlenmesi için ASTM E-69 standardına bağlı kalınmıştır. Testler Karabük Üniversitesi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. Kontrol ve test örnekleri yanma işleminden önce 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. $9.5\times 19\times 1016$ mm ebatlarındaki deney numuneleri yanma bacasının üst kısmından aşağıya doğru uzatılmış, bütan gazının alev yüksekliği 25 cm, sıcaklık 1000 °C geçmeyecek şekilde düzenek hazırlanmıştır. Yanma doğal hava akışı olan bir bacanın altında gerçekleştirilmiştir. Yanma öncesi ağırlık ve yanma esnasındaki ağırlık kaybını ölçmek için 0.01 g hassasiyetli dijital terazi, yanma başladıktan sonra sıcaklık değişimi ve açığa çıkan gazları ölçmek için optik algılayıcı kullanılmıştır. Ağırlık kaybı, sıcaklık değişimi ve açığa çıkan gazlardan O₂, CO her 30 saniyede ölçülmüştür. Alev kaynaklı yanma (4 dk. süre ile) ve kendi kendine yanma (6 dk. süre ile) değerleri belirlenmiştir. Yanma testleri her 30 sn de bir olmak üzere toplam (4 dakika-8 ölçüm alev kaynaklı, 6 dakika-12 ölçüm kendi kendine yanma) şeklinde yapılmış ve 10 dakika sonra deney sonlandırılmıştır. Yanma deneyi süresince her 30 saniyede aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

Ağırlık Kaybı: Dijital terazi yardımı ile alev kaynaklı yanma ve kendi kendine yanma esnasında meydana gelen ağırlık değişimi belirlenmiştir.

Sıcaklık: Yanma bacasının üzerine yerleştirilen prob sayesinde sıcaklık değişim değerleri belirlenmiştir.

O₂, CO: Yanmış gaz içerisinde açığa çıkan O₂ miktarı (%), CO (ppm), baca gazı analizörü yardımı ile ölçülmüştür. Yanma Test düzeneği aşağıda Şekil 2.13' de verilmiştir.



- 1- Levha Örneği
- 2- Elektronik Terazi
- 3- Ayak
- 4- Baca Gazı Analizörü
- 5- İnce Çelik Tel
- 6- Ateş Borusu

Şekil 2.13. Yanma test düzeneği

Sıcaklık, O₂ ve CO miktarlarının ölçüldüğü baca gazı analizörü ise Şekil 2.14’ de verilmiştir.



Şekil 2.14. Yanma esnasında açığa çıkan gazların ölçüm cihazı

Yanma esnasında ortaya çıkan yanma ürünlerinin seyri ve gazların insan hayatına bağlı olarak tehlike durumları Şekil 2.15’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Yanma sırasında açığa çıkan gazlar ve limit değerleri

B- Yanma Mukavemetinin TGA (Termogravimetrik Analiz) Yöntemiyle Belirlenmesi

TGA sonuçları, ağaç malzemeden HDF, MDF, yonga levha ve kontrplak gibi ürünlerin ve odun/plastik kompozitlerinin üretilmesinde, ağaç malzemenin yanmaya karşı davranışlarının açıklanmasında, yangın geciktiricilerin performanslarının değerlendirilmesinde ve biyokütleden yakıt elde edilmesinde kullanılır.

Ağaç malzemenin termal stabilitesini belirlemek amacıyla Termogravimetrik Analiz (TGA) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile malzemede meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler tanımlanabilir. Termal özellikleri belirlenecek laminat parke örneği ısıtılırken meydana gelen kütle kayıpları tespit edilerek, sıcaklık-kütle kaybı grafiğinden kırılmanın meydana geldiği sıcaklık değeri bozunma sıcaklığı olarak bulunmuştur. Bozunma sıcaklıklarının belirlenmesi için ağırlık kaybının 1. dereceden türevinden (DTGA) yararlanılmaktadır. Mikro düzeyde örneklerle çalışılması ve katı, sıvı örneklerin kolaylıkla analiz edilmesi sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Örnek hassas bir dengede asılı halde tutulmuş bu sırada bir fırın içerisinde ısıya maruz bırakılmıştır. Örnek etrafındaki tutuşabilir ürünleri uzaklaştırmak üzere hava, azot veya diğer bir gaz dolaştırılmaktadır. Ağırlık kayıpları sıcaklık ve zamanın fonksiyonu olarak kaydedilmiştir.

Test örneklerinin TGA ve DTGA ölçümleri, Kahramanmaraş Üniversitesi ÜSKİM' de bulunan S II TG/DTA 2300 marka cihaz ile yapılmıştır. Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ile muamele edilen liflerden elde edilen levhalar küçük parçalar haline getirildikten sonra Willey değirmeninde 100 mesh' lik toz haline getirilmiştir. Bu toz haldeki liflerden 7-15 mg gibi mikro düzeyde örnek alınmış TGA panı içerisine

yerleştirilmiştir. 800 °C' ye kadar 10 °C/dak ısıtma hızıyla azot atmosferinde (100 ml/dk) ısıtılmış ve TGA cihazında ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Termal özellikleri belirlenecek malzeme ısıtılırken meydana gelen kütle kayıpları bilgisayar programı aracılığıyla tespit edilmiş, sıcaklık-kütle kaybı grafiğinden kırılmanın meydana geldiği sıcaklık değeri bozunma sıcaklığı olarak bulunmuştur. TGA analizinin yapıldığı S II TG/DTA 2300 marka cihaz Şekil 2.16' da gösterilmiştir.



Şekil 2.16. TGA analiz cihazı (S II TG/DTA 2300)

C-Limit Oksijen İndeks Testi (LOI)

Tutuşma işlemi gerçekleşen yanıcı maddelerin yanıcılık özelliği oksijen indeksi testi ile belirlenmektedir. Bu değer yanmanın devam edebilmesi için ortamda bulunması gereken oksijen miktarını ifade etmektedir. Şekil 2.17' de LOI test cihazı verilmiştir.



Şekil 2.17. Limit Oksijen indeksi cihazı

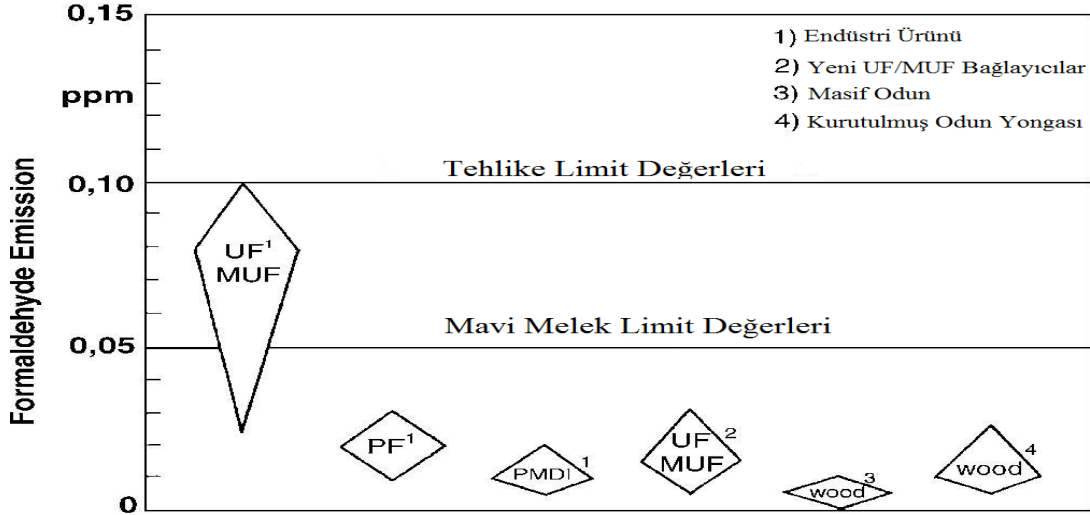
Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ilave edilmiş liflerden elde edilen levhaların oksijen indeksi değerlerini belirlemek amacı ile Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında ASTM 2863-09 standardına uygun olarak 100x15x0.65 mm (örnek kalınlığı) boyutlarında olmak üzere 4 adet test, 4 adet ise kontrol örneği hazırlanmıştır. Örnekler Şekil 2.17’ de gösterilen test cihazına dikey olarak yerleştirilmiş, kolonun alt kısmından oksijen ve nitrojen hava akımı başlatılmış ve deney numuneleri üst kısımdan yakılmıştır. Örneğin yanması için yeterli oksijen miktarı hava akımı içinde tespit edilmiştir.

LOI değeri, havadaki oksijen miktarından düşük olan maddeler kolayca yanabilirken, yüksek olan maddelerde ise tutuşturucu alev olmaksızın yanma olayı yavaşlamakta ve durmaktadır. LOI değeri %28 den daha büyük olan materyaller güç tutuşan ve kendi kendini söndürebilme özelliğine sahiptirler (Chen ve ark., 2006).

2.2.7. Formaldehit Emisyon Testi - Perforatör Yöntemi (TS 4894 EN 120)

Ahşap esaslı levhaların yapımında kullanılan melamin formaldehit, üreformaldehit ve fenol formaldehit tutkalı formaldehit içermektedir. Dolayısıyla ahşap esaslı tüm levhalar (MDF, HDF, kontrplak vs.) belirli bir süre formaldehit açığa çıkaracaktır. Formaldehit insan sağlığı ve çevre için çok zararlı olan renksiz, keskin ve kötü kokulu bir kimyasal madde olup sağlığa zararlı etkisinden dolayı zorunlu sınırlamalarla uygulanmaktadır (Boran ve Usta, 2010). Levhalar E1 ve E2 sınıfı olarak ayırt edilmektedir. E1 sınıfının (3-8 mg/100 gr), astım ve kanserojen özellik taşımadığı ifade edilirken, E0 sınıfında (2 mg/100 gr) ise ortamdan levhaya geçiş olduğu belirtilmektedir (Roffael, 1993).

25x25x6.5(mm) boyutlarındaki örneklerin kesilmesi sırasında örnek kenarlarının testere tarafından yakılmamasına dikkat edilmiş ve örneklerin rutubet oranları belirlenmiştir. 100 gr deney örneği boş bir jöjeye konulmuş ve üzerine 600 ml toluen ilave edilmiş ve perforatöre yerleştirilmiştir. Perforatörün içerisine 800 ml saf su konulmuş ve ısıtıcı 110 °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Yoğuşmanın başlamasından sonra kaynatma işlemine 2 saat devam edilmiş ve yoğuşma miktarı 60/dak damlacık olacak şekilde ısı ayarlanmıştır. 2 saat sonra ısıtıcı kapatılmış, soğutma işleminden sonra su üzerinde yoğunlaşan toluen üzerine saf su eklenerek 2 litreye tamamlanmıştır. Rutubet, ilk ağırlık ve yoğunlaşan toluen değeri bilinen numunelerin serbest formaldehit miktarı tespit edilmiştir. Şekil 2.18’ de ise oduna dayalı levhalarda formaldehit miktarları sınır değerleri verilmiştir.



Şekil 2.18. Odun esaslı levhaların formaldehit emisyon (ppm) değerleri (Marutzky, 1998)

2.2.8. Mantar Çürüklük Testi

Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ilave edilmiş liflerden elde edilen levhaların mantarlara karşı gösterdikleri dayanımı belirlemek amacı ile mantar çürüklük testi yapılmıştır. EN 113 standardına göre 25x50x6.5 mm (örnek kalınlığı) boyutlarında olmak üzere 4 adet test, 4 adet ise kontrol örneği hazırlanmış ve tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Standartta bağlı olarak malt-agar besin karışımı erlenmayer içerisinde otoklavda 121 °C’ de 1.1 atmosfer basınçta 20 dakika, petri kapları ise 160 °C’ de 2 saat süreyle etüvde bekletilmiş ve sterilize edilmiştir. Hazırlanan malt-agar karışımı 10 cm çapındaki petri kaplarına 15 ml (yaklaşık 3-4 mm derinlik) olacak şekilde aktarılmıştır. Sterilize ortamda petri kutularına deney mantarlarının ekimi yapılmış ve 15 gün süre ile sıcaklığı 22±1 °C, ve bağıl nemi %70±5 olan ışık almayan kültür odasında misel ön gelişimi sağlanmıştır. Misel gelişimi sonrası %12 rutubeti sağlanmış deney örnekleri petri kaplarına ikişer ve aralarında 2 cm boşluk olacak şekilde yerleştirilmiştir. 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem ortamında kolle kültür şişeleri steril klima dolabına yerleştirilmiştir. 16 hafta sonunda *Ceriporiopsis subvermisphora* ve *Coniophora puteana* mantarına maruz bırakılan laminat parke deney örneklerinin üzerlerindeki mantarlardan temizlenmiş ve sonra 103±2 °C de değişmez ağırlıkları belirlenmiştir. Aşağıdaki formüle (2.10) göre ağırlık kayıpları bulunmuştur.

$$AK = \frac{t_o - t_s}{t_o} \times 100 \quad (2.10)$$

Formülde:

AK : Ağırlık Kaybı (%)

t_o : Test öncesi tam kuru ağırlık (g)

t_s : Test sonrası tam kuru ağırlık (g)

2.2.9. Küf Mantarı Testi

Örnekler (50x50x6.5 mm) ASTM D4445–10 standart test metodu kullanılarak renk ve küf mantarları olan *Aspergillus niger*, *Aureobasidium pullulans* ve bu mantarların karışım kültürlerine karşı 8 hafta süre ile test edilmiştir.

Her örnek grubundan 2 adet test örneği kullanılmış, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 hafta süre ile örnekler üzerinde bu mantarların gelişimi görsel olarak derecelendirilmiştir. Derecelendirme sisteminde 0–5 skalası kullanılmış, kontrol amacı ile de yanmayı geciktirici kullanılmadan yapılmış laminat parkeden hazırlanmış örnekler test edilmiştir.

Kullanılan skaladaki dereceler ve karşılığında mantarların örnekler üzerindeki kaplama alanları standartta belirtildiği üzere aşağıda Çizelge 2.15 'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.15. Küf mantarı yüzey kaplama alan yüzde miktarı skala değerleri

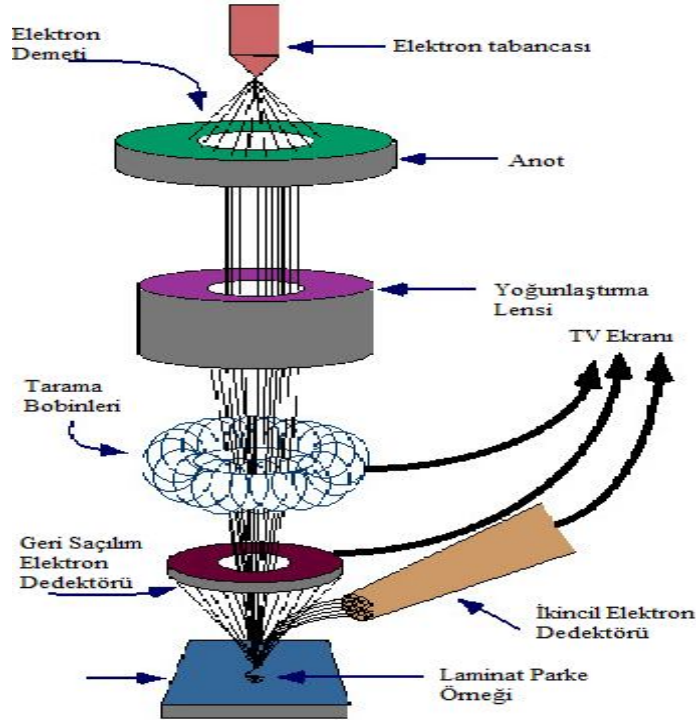
Kaplama Alanı (%)	0	0–5	6–25	26–50	51–75	76–100
Puan Rakamı	0	1	2	3	4	5

2.2.10. SEM (Scanning Electron Microscope) Analizleri

Kontrol örneği ve kimyasal maddeler ilave edilerek elde edilen deneme levhalarından alınan kesitler Taramalı Elektron Mikroskopunda incelenmiştir. Bu cihaz yüksek çözünürlüklü resim oluşturmak için vakum ortamında oluşturulan ve aynı ortamda elektromagnetik lenslerle inceltiren elektron demeti ile incelenecek malzemeyi analiz etme imkânı sunmaktadır. Mikroskopta oluşturulan resimler, elektron demetinin malzeme ile olan etkileşiminden ortaya çıkan ışınlar veya geri yansıyan elektronlar sayılarak oluşturulur. Bunlar ikincil elektron yansımaları(*secondary electron image*) geri yansımaya uğramış elektronlar (*backscattered electrons*), karakteristik x ışınları Auger elektronlarıdır (URL-2011i). Laminat parke deneme örneklerinin SEM görüntüleri aşağıda Şekil 2.19' da gösterilen cihaz ile KSU ÜSKİM' de elde edilmiştir. Şekil 2.20' de ise SEM cihazından görüntü elde edilmesini sağlayan çalışma sisteminin şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 2.19. Neo Scope marka Scanning Electron Microscope (SEM) cihazı



Şekil 2.20. Taramalı elektron mikroskobun şematik çalışma resmi (URL-2011i)

2.2.11. Yanmayı Geciktirici Kimyasal Madde Konsantrasyonlarında Elde Edilen Deneme Levhalarına ait Verilerin Değerlendirilmesi

İlgili standartlara göre yapılan testlerde deney örneklerinden elde edilen veriler SPSS istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Analizler %95 güven düzeyi esas alınarak yapılmıştır. 4 farklı yanmayı geciktirici kimyasal madde (boraks, borik asit, amonyum polifosfat, alfa-x) ve 3 farklı konsantrasyon (%3,%6, %9) oranı kullanılarak elde edilen laminat parke deneme levhaları ile kontrol örnekleri arasında ilgili standarda göre yapılan her bir analiz için anlamlı bir fark olup olmadığı belirlenmiştir. Kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonları arasında etkileşimin belirlenmesi için çoğul varyans analizi yapılmıştır. Etkileşimlerin anlamlı çıkması durumunda elde edilen veriler Tukey testi ile karşılaştırılmış ve homojenlik grupları belirlenmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Bulgular

3.1.1. Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular

Rutubet Miktarına Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhaları üzerinde, kimyasal maddelerin ve konsantrasyon oranlarının rutubet miktarına etkisine ait ortalama değerler Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri (%)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
BX	4.72	0.37	5.05	0.30	5.17	0.20
BA	5.49	0.33	6.44	0.26	7.18	0.15
APP	4.68	0.22	4.73	0.24	4.97	0.14
AX	4.77	0.32	4.97	0.29	5.10	0.24
KONTROL	X			S		
	4.57			0.24		

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin liflere ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının rutubet değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi (ÇVA) yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek için ise Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının rutubet miktarlarına (%) ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	49.01	3	16.34	238.11	0.000
Konsantrasyon	9.55	2	4.77	69.57	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	6.95	6	1.16	16.88	0.000
Hata	8.03	117	0.07		
Toplam	3614.98	130			

ÇVA sonuçlarına göre yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının rutubet miktarı üzerine %5 yanılma olasılığı ile etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin de önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının rutubet miktarlarına (%) ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Rutubet (%) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	30	4.98 b
BA	30	6.37 c
APP	30	4.79 b
AX	30	4.94 b
KONTROL	10	4.57 a
Konsantrasyon		
%3	40	4.91 b
%6	40	5.30 c
%9	40	5.60 d
KONTROL	10	4.57 a

* Gruplarda ifade edilen harfler en küçük ortalama değerden en büyük ortalama değere doğru sıralanmıştır

Yoğunluk Miktarına Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının, üreformatdehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının yoğunluklarına ait ortalama değerler Çizelge 3.4' de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama yoğunluk değerleri (kg/m³)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X	S	X	S	X	S
BX	934	24	946	9	987	17
BA	940	13	964	16	973	14
APP	954	17	978	12	984	9
AX	926	11	930	10	944	13
KONTROL	X			S		
	901			16		

Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek için ise Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.5 ve 3.6’ da verilmiştir.

Çizelge 3.5. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yoğunluk miktarlarına (kg/m^3) ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	6.543	3	2.18	378.91	0.000
Konsantrasyon	6.100	2	3.05	529.91	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	1.164	6	0.19	33.70	0.000
Hata	0.673	117	0.01		
Toplam	1350.806	130			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranı ile birlikte, bu iki faktörün birbiri ile etkileşiminin de %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu bulunmuştur.

Çizelge 3.6. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yoğunluk miktarlarına (kg/cm^3) ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Yoğunluk (kg/m^3) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	30	955.56 c
BA	30	958.90 c
APP	30	971.86 d
AX	30	933.56 b
KONTROL	10	901.50 a
Konsantrasyon		
%3	40	938.57 b
%6	40	954.50 c
%9	40	971.85 d
KONTROL	10	901.50 a

Su Alma Miktarına Ait Bulgular

Farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerle elde edilen deneme levhalarının 2 saat süre ile suda bekletilmesi ile belirlenen su alma miktarına ait ortalama değerler Çizelge 3.7' de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait 2 saat sonunda ortalama su alma değerleri (%)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
BX	2.54	0.07	3.10	0.09	3.25	0.09
BA	2.20	0.09	2.93	0.09	3.17	0.09
APP	2.11	0.08	2.31	0.07	2.46	0.08
AX	2.07	0.05	2.20	0.07	2.60	0.09
KONTROL	X			S		
	2.05			0.07		

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının 2 saat su alma değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirilmesi için ise Tukey testi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.8 ve 3.9' da verilmiştir.

Çizelge 3.8. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 2 saat su alma (%) değerlerine ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	10.32	3	3.44	541.66	0.000
Konsantrasyon	8.30	2	4.15	652.98	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	1.67	6	0.28	43.80	0.000
Hata	0.74	117	0.01		
Toplam	860.11	130			

ÇVA sonuçlarına göre 2 saat su alma miktarı üzerine kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranı ile birlikte, bu iki faktörün birbiri ile etkileşiminin de %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu bulunmuştur.

Çizelge 3.9. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal çeşitli madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 2 saat su alma (%) değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Su alma 2 saat (%) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	30	2.96 d
BA	30	2.77 c
APP	30	2.29 b
AX	30	2.29 b
KONTROL	10	2.05 a
Konsantrasyon		
%3	40	2.23 b
%6	40	2.63 c
%9	40	2.87 d
KONTROL	10	2.05 a

2 saat süre ile yapılan su alma örnekleri ile deneye devam edilmiş ve 24 saat su alma miktarları bulunmuştur. Farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerle elde edilen deneme levhalarının 24 saat süre ile suda bekletilmesi ile belirlenen su alma miktarına ait ortalama değerler Çizelge 3.10' da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Üreformaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait 24 saat sonunda ortalama su alma değerleri (%)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
BX	11.41	0.39	12.07	0.25	12.51	0.57
BA	11.03	0.64	11.50	0.57	12.37	0.41
APP	11.31	0.53	12.80	0.70	12.94	0.44
AX	10.57	0.25	10.93	0.23	11.54	0.40
KONTROL	X			S		
	10.33			0.41		

Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının su alma 24 saat değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmış ve ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek için ise Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.11 ve 3.12' de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Çeşitli yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 24 saat su alma (%) değerlerine ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	29.77	3	9.92	60.12	0.000
Konsantrasyon	29.75	2	14.87	90.12	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	3.51	6	0.59	3.55	0.003
Hata	1.31	117	0.17		
Toplam	17971.93	130			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranı ile birlikte, bu iki faktörün birbiri ile etkileşiminin de %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu bulunmuştur.

Çizelge 3.12. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 24 saat su alma değerlerine (%) ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Su alma 24 saat (%) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	30	12.00 c
BA	30	12.00 c
APP	30	12.35 d
AX	30	11.01 b
KONTROL	10	10.33 a
Konsantrasyon		
%3	40	5.53 b
%6	40	6.05 c
%9	40	6.16 d
KONTROL	10	10.33 a

Kalınlık Artışı Miktarına Ait Bulgular

Farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerle elde edilen deneme levhalarının 2 saat süre ile suda bekletilmesi ile belirlenen kalınlık artışı miktarına ait ortalama değerler Çizelge 3.13' de verilmiştir.

Çizelge 3.13. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait 2 saat sonra ortalama kalınlık artışı değerleri (%)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
BX	3.15	0.07	3.69	0.06	4.09	0.10
BA	2.85	0.09	3.13	0.10	3.38	0.08
APP	2.98	0.09	3.31	0.08	3.41	0.10
AX	2.89	0.08	3.01	0.06	3.21	0.07
KONTROL	X			S		
	2.48			0.06		

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının 2 saat sonra kalınlık artışı değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirilmesi için ise Tukey testi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.14 ve Çizelge 3.15’ de verilmiştir.

Çizelge 3.14. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 2 saat sonra kalınlık artışı değerlerine (%) ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	6.543	3	2.18	378.91	0.000
Konsantrasyon	6.100	2	3.05	529.91	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	1.164	6	0.19	33.70	0.000
Hata	0.673	117	0.006		
Toplam	1350.806	130			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının 2 saat kalınlık artışı miktarı üzerine %5 yanılma olasılığı ile etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin de önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.15. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 2 saat sonra kalınlık artışı değerlerine (%) ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Kalınlık Artışı 2 saat (%) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	30	3.65 e
BA	30	3.12 c
APP	30	3.23 d
AX	30	3.04 b
KONTROL	10	2.48 a
Konsantrasyon		
%3	40	2.97 b
%6	40	3.29 c
%9	40	3.52 d
KONTROL	10	2.48 a

Farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerle elde edilen deneme levhalarının 24 saat süre ile suda bekletilmesi ile belirlenen kalınlık artışı miktarına ait ortalama değerler Çizelge 3.16' da verilmiştir.

Çizelge 3.16. Üreformaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait 24 saat sonra ortalama kalınlık artışı değerleri (%)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
BX	5.80	0.16	6.23	0.12	6.39	0.08
BA	5.63	0.18	5.83	0.16	5.93	0.16
APP	5.50	0.10	6.79	0.16	6.85	0.14
AX	5.20	0.14	5.34	0.16	5.48	0.14
KONTROL	X			S		
	4.93			0.09		

Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının kalınlık artışı 24 saat değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmış ve ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek için ise Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.17 ve 3.18' de verilmiştir

Çizelge 3.17. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 24 saat kalınlık artışı değerlerine (%) ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	18439	3	6.146	309.647	0.000
Konsantrasyon	9.143	2	4.572	230.324	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	5.277	6	0.880	44.310	0.000
Hata	2.322	117	0.020		
Toplam	4475.554	130			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının 24 saat kalınlık üzerine %95 güven düzeyinde etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin de önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.18. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının 24 saat kalınlık artışı değerlerine (%) ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Kalınlık 24 saat (%) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	30	6.14 d
BA	30	5.80 c
APP	30	6.38 e
AX	30	5.34 b
KONTROL	10	4.93 a
Konsantrasyon		
%3	40	5.53 b
%6	40	6.05 c
%9	40	6.16 d
KONTROL	10	4.93 a

Isı İletim Katsayısına Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, üreformatdehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının ısı iletim katsayısına ait ortalama değerler Çizelge 3.19' da verilmiştir.

Çizelge 3.19. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve konsantrasyonlarının ısı iletim katsayısı ortalamadeğerleri (W/m⁰K)

Kimyasal Madde	Yüzde (%)	Isı İletim Katsayısı (W/m ⁰ K)
BX	%3	0.2184
BX	%6	0.2424
BX	%9	0.2432
BA	%3	0.2160
BA	%6	0.2443
BA	%9	0.2815
APP	%3	0.2425
APP	%6	0.2571
APP	%9	0.2575
AX	%3	0.2405
AX	%6	0.2531
AX	%9	0.2594
KONTROL	%0	0.2065

3.1.2. Mekanik Özelliklere Ait Bulgular

Eğilme Direncine Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, ürefoaldehyit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının eğilme direncine ait ortalama değerler Çizelge 3.20' de verilmiştir.

Çizelge 3.20. Ürefoaldehyit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm²)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X	S	X	S	X	S
BX	50.11	1.79	45.71	2.05	43.74	2.90
BA	52.22	2.87	46.88	4.14	42.38	2.85
APP	47.42	4.32	41.52	4.06	39.66	1.27
AX	49.63	4.12	47.87	2.21	45.09	2.70
KONTROL	X			S		
	55.00			3.01		

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı

istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirilmesi için ise Tukey testi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.21 ve 3.22’ de verilmiştir.

Çizelge 3.21. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine (N/mm²) ait ÇVA değerleri (p ≤ 0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	242.72	3	80.91	7.98	0.000
Konsantrasyon	709.28	2	354.64	34.98	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	90.83	6	15.14	1.49	0.192
Hata	760.35	75	10.14		
Toplam	193782.67	88			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının eğilme direnci üzerine %95 güven düzeyi ile etkisinin önemli olduğu, ancak kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin ise önemli olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.22. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine (N/mm²) ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Eğilme Direnci (N/mm ²) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	30	46.48 ab
BA	30	48.14 b
APP	30	43.31 a
AX	30	47.88 b
KONTROL	10	55.00 c
Konsantrasyon		
%3	40	50.18 b
%6	40	45.41 a
%9	40	42.38 a
KONTROL	10	55.00 c

Elastikiyet Modülüne Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, üre formaldehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının elastikiyet modülüne ait ortalama değerler Çizelge 3.23’ de verilmiştir.

Çizelge 3.23. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama elastikiyet modülü değerleri (N/mm²)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X	S	X	S	X	S
BX	3401	92.72	3185	68.57	2574	117.05
BA	3688	13.44	3269	226.88	2991	151.60
APP	3392	23.96	3271	96.03	3080	133.20
AX	3384	46.68	3282	279.54	3076	148.60
KONTROL	X			S		
	3818			242.42		

Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek için ise Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.24 ve 3.25’ de verilmiştir

Çizelge 3.24. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının elastikiyet modülüne (N/mm²) ait ÇVA değerleri (p ≤ 0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	761896.53	3	253965.51	12.13	0.000
Konsantrasyon	3309601.34	2	1654800.67	79.03	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	785849.46	6	130974.91	6.26	0.000
Hata	1.298157.53	62	20938.02		
Toplam	798738222.68	75			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının elastikiyet modülü üzerine %5 yanılma olasılığı ile etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin de önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.25. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerine (N/mm²) ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Elastikiyet Modülü (N/mm ²) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	30	3107 a
BA	30	3355 b
APP	30	3198 ab
AX	30	3268 ab
KONTROL	10	3818 c
Konsantrasyon		
%3	40	3473 b
%6	40	3245 a
%9	40	2934 a
KONTROL	10	3818 c

Yüze Dik Çekme Direncine Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, üre formaldehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının yüze dik çekme direncine ait ortalama değerler Çizelge 3.26' da verilmiştir.

Çizelge 3.26. Üre formaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama yüze dik çekme direnci değerleri (N/mm²)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X	S	X	S	X	S
BX	2.68	0.05	2.42	0.06	2.33	0.04
BA	2.78	0.04	2.70	0.04	2.50	0.06
APP	2.28	0.03	1.91	0.03	1.79	0.03
AX	2.57	0.05	2.07	0.05	1.40	0.04
KONTROL	X			S		
	2.85			0.05		

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının yüze dik çekme değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan

anlamli farklılıkların değerlendirilmesi için ise Tukey testi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.27 ve 3.28’ de verilmiştir.

Çizelge 3.27. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme (N/mm^2) direncine ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	10.08	3	3.36	1673.52	0.000
Konsantrasyon	6.55	2	3.28	1631.22	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	2.78	6	0.46	230.75	0.000
Hata	0.23	117	0.00		
Toplam	728.14	130			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının yüzeye dik çekme üzerine %95 güven düzeyinde etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin de önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.28. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine (N/mm^2) ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Yüzeye dik çekme (N/mm^2) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	30	2.48 b
BA	30	2.66 c
APP	30	1.99 a
AX	30	2.02 a
KONTROL	10	2.85 d
Konsantrasyon		
%3	40	2.58 c
%6	40	2.28 b
%9	40	2.01 a
KONTROL	10	2.85 d

Yüzey Sağlamlığı Direncine Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, üreformatdehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının yüzey sağlamlığı direncine ait ortalama değerler Çizelge 3.29’ da verilmiştir.

Çizelge 3.29. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama yüzey sağlamlığı direnci değerleri (N/mm²)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X	S	X	S	X	S
BX	1.18	0.02	1.14	0.02	0.81	0.04
BA	1.05	0.05	0.85	0.03	0.75	0.03
APP	0.94	0.03	0.69	0.05	0.65	0.03
AX	1.25	0.04	1.05	0.05	0.90	0.03
KONTROL	X			S		
	1.24			0.03		

Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yüzey sağlamlığı değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmış ve ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek için ise Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.30 ve 3.31’ de verilmiştir

Çizelge 3.30. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yüzey sağlamlığı direncine (N/mm²) ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	1.90	3	0.63	465.32	0.000
Konsantrasyon	2.09	2	1.04	766.71	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	0.26	6	0.04	31.95	0.000
Hata	0.16	117	0.00		
Toplam	125.37	130			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının yüzey sağlamlığı üzerine %95 güven ile etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin de önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.31. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının yüzey sağlamlığı direnci değerlerine (N/mm²) ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Yüzey sağlamlığı (N/mm ²) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	30	1.04 c
BA	30	0.88 b
APP	30	0.76 a
AX	30	1.07 c
KONTROL	10	1.24 d
Konsantrasyon		
%3	40	1.10 c
%6	40	0.93 b
%9	40	0.78 a
KONTROL	10	1.24 d

3.1.3. Yüzey Kalitesi Özelliklerine Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler yüzey kalitesi üzerinde etkili olmuş ve yüzey kalite özelliklerini azaltmıştır. Yüzeyde matlık, pürüzlülük, lekelenme ve yapışma problemi meydana getirmişlerdir. Yüzeyde istenilen kalite değerlerine ulaşamaması sebebiyle kullanılan overlay dekor ve balans kağıtlarında yapılması planlanan %3, %6 ve %9 oranlarındaki emprenye işlemi yapılamamıştır. Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin miktarı arttıkça yüzey kalite özellikleri azalmaktadır (Ayrılmış, 2005).

Aşınma Direncine Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, ürefovaldehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının aşınma direncine ait ortalama değerler Çizelge 3.32' de verilmiştir.

Çizelge 3.32. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama aşınma direnci değerleri (devir)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X	S	X	S	X	S
BX	3400	141.4	3475	150.0	3600	81.6
BA	3575	263.0	3550	129.1	3600	81.6
APP	3425	170.8	3488	85.4	3325	221.4
AX	3475	125.8	3575	170.8	3500	141.4
KONTROL	X			S		
	3475			95.7		

Çizilme Direncine Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, üreformatdehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının çizilme direncine ait ortalama değerler Çizelge 3.33' de verilmiştir.

Çizelge 3.33. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama çizilme direnci değerleri (Newton)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X	S	X	S	X	S
BX	4.00	0.41	4.00	0.41	4.13	0.25
BA	4.13	0.25	3.63	0.25	4.06	0.31
APP	4.00	0.25	4.13	0.25	4.25	0.29
AX	3.75	0.29	3.75	0.29	3.94	0.13
KONTROL	X			S		
	4.00			0.41		

Küçük Bilye Direncine Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, üreformatdehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının küçük bilye direncine ait ortalama değerler Çizelge 3.34' de verilmiştir.

Çizelge 3.34. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama küçük bilye direnci değerleri (Newton)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X	S	X	S	X	S
BX	26.67	2.58	25.83	3.76	25.00	3.16
BA	25.83	2.04	27.50	2.74	25.83	2.04
APP	26.67	2.58	26.67	2.58	27.50	2.74
AX	26.67	2.58	27.50	2.74	25.83	3.76
KONTROL	X			S		
	26.67			2.58		

Büyük Bilye Direncine Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, üreformatdehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının büyük bilye direncine ait ortalama değerler Çizelge 3.35’ de verilmiştir.

Çizelge 3.35. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait ortalama büyük bilye direnci değerleri (mm)

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Madde Konsantrasyonu (%)					
	3		6		9	
	X	S	X	S	X	S
BX	5.87	0.26	5.84	0.58	5.92	0.50
BA	5.74	0.12	5.78	0.33	5.68	0.39
APP	6.00	0.38	6.15	0.52	5.87	0.27
AX	5.85	0.13	5.75	0.58	5.88	0.24
KONTROL	X			S		
	5.99			0.48		

Sigara Ateşine Dayanıklılık Testine Ait Gözlem Sonuçları

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, üreformatdehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının, sigara ateşine dayanıklılık direncine ait gözlem sonuçları Çizelge 3.36’ da verilmiştir.

Çizelge 3.36. Üreformatdehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait sigara ateşine dayanıklılık direncine ait gözlem sonuçları

DENEY NO	YANMAYI GECİKTİRİCİ KİMYASALLAR	KİMYASAL ORANI		SİGARA ATEŞİNE DAYANIKLILIK
		LAMİNAT	HDF	
		STANDART		438-2
				Gözlem
1	Kontrol Örneği	%0	%0	+
2	Boraks	%0	%3	+
3	Boraks	%0	%6	+
4	Boraks	%0	%9	+
5	Borik asit	%0	%3	+
6	Borik asit	%0	%6	+
7	Borik asit	%0	%9	+
8	Amonyum polifosfat	%0	%3	+
9	Amonyum polifosfat	%0	%6	+
10	Amonyum polifosfat	%0	%9	+
11	Alfa-x	%0	%3	+
12	Alfa-x	%0	%6	+
13	Alfa-x	%0	%9	+

(+) İşareti; yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen laminat parke deneme levha örnekleri üzerinde sigara ateşinden kaynaklanan gözlenebilir olumsuz bir etkinin olmadığını göstermektedir.

Su Buharına Dayanıklılık Testine Ait Gözlem Sonuçları

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, üreformatdehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının, su buharına dayanıklılık direncine ait gözlem sonuçları Çizelge 3.37' de verilmiştir

Çizelge 3.37. Ürefoormaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait su buharına dayanıklılık direncine ait gözlem sonuçları

DENEY NO	YANMAYI GECİKTİRİCİ KİMYASALLAR	KİMYASAL ORANI		SU BUHARINA DAYANIKLILIK
		LAMİNAT	HDF	
		STANDART		438-2
				Gözlem
1	Kontrol Örneği	%0	%0	+
2	Boraks	%0	%3	+
3	Boraks	%0	%6	+
4	Boraks	%0	%9	+
5	Borik asit	%0	%3	+
6	Borik asit	%0	%6	+
7	Borik asit	%0	%9	+
8	Amonyum polifosfat	%0	%3	+
9	Amonyum polifosfat	%0	%6	+
10	Amonyum polifosfat	%0	%9	+
11	Alfa-x	%0	%3	+
12	Alfa-x	%0	%6	+
13	Alfa-x	%0	%9	+

(+) İşareti; yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen laminat parke deneme levha örnekleri üzerinde su buharından kaynaklanan gözlenebilir olumsuz bir etkinin olmadığını göstermektedir.

Lekelenme Testine Ait Gözlem Sonuçları

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyonlarının, ürefoormaldehit tutkalı kullanılarak elde edilen deneme levhalarının lekelenme testine ait gözlem sonuçları Çizelge 3.38' de verilmiştir.

Çizelge 3.38. Üreformaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarına ait lekelenme testine ait gözlem sonuçları

DENEY NO	YANMAYI GECİKTİRİCİ KİMYASALLAR	KİMYASAL ORANI		LEKELENME TESTİ
		LAMİNAT	HDF	
		STANDART		438-2
				Gözlem
1	Kontrol Örneği	%0	%0	+
2	Boraks	%0	%3	+
3	Boraks	%0	%6	+
4	Boraks	%0	%9	+
5	Borik asit	%0	%3	+
6	Borik asit	%0	%6	+
7	Borik asit	%0	%9	+
8	Amonyum polifosfat	%0	%3	+
9	Amonyum polifosfat	%0	%6	+
10	Amonyum polifosfat	%0	%9	+
11	Alfa-x	%0	%3	+
12	Alfa-x	%0	%6	+
13	Alfa-x	%0	%9	+

(+) İşareti; lekelenmeden kaynaklanan gözlenebilir olumsuz bir etkinin olmadığını göstermektedir.

3.1.4. Yanma Mukavemet Testine Ait bulgular

Yanma mukavemetini artırmak için kullanılan kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonunun, deneme levhalarının yanma özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek için iki yöntem uygulanmıştır. Birincisi ASTM E 69 standardına uygun şekilde yanma dayanımı Alev Kaynaklı Yanma (AKY) ve Kendi kendine Yanma (KKY) olarak iki kısımda incelenmiştir. İkinci olarak ise çok küçük miktardaki örneklere uygulanan yüksek sıcaklık etkisinin örneğin ağırlığı üzerindeki etki değişimlerini inceleyen enstrümental bir yöntem olan TGA analizidir. Yanma mukavemetinin belirlenmesi için kullanılan yöntemler:

A- ASTM-E 69

B- TGA (Termogravimetrik analiz)

A- ASTM E 69 Standartlarına Göre Yapılan Yanma Testi Değerleri

Farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin toz halinde liflere katılması ile elde edilen deneme levhalarının AKY ve KKY esnasındaki deney örneklerindeki ağırlık kaybı, sıcaklık, CO ve O₂ miktarlarına ait ortalama değerler ve istatistik değerler tablolarda verilmiştir.

1- Alev Kaynaklı Yanmaya (AKY) Ait Bulgular

A-) AKY Ağırlık Kaybı ve Sıcaklığa Ait Bulgular

Deneme levhalarının AKY ve KKY sonucunda levhalarda meydana gelen ağırlık kaybı (%), sıcaklık değeri (°C), O₂ miktarı (%) ve CO (ppm) değerlerinin ortalama değişim oranları tespit edilmiştir.

Kimyasal madde türü ve konsantrasyonun deneme levhalarının üzerindeki etkisinin belirlenmesi için üreformaldehit tutkalı kullanılarak elde edilmiş levhaların yanma testinde alev kaynağı açıkken (AKY) yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama ağırlık kaybı (%), sıcaklık değeri (°C), O₂ miktarı (%) ve CO (ppm) değerleri belirlenmiştir. Ortalama ağırlık kaybı (%), sıcaklık değeri (°C) Çizelge 3.39' da verilmiştir.

Çizelge 3.39. Üreformaldehit tutkalı ile farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin kullanılması ile elde edilen deneme levhalarının AKY' ya ait ortalama ağırlık kaybı (%) ve sıcaklık (°C) değerleri

Konsantrasyon	Ağırlık Kaybı (%)						Sıcaklık (°C)					
	%3		%6		%9		%3		%6		%9	
Kimyasal Adı	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	34.53	1.67	29.04	1.03	23.65	1.79	615.7	32.8	539.6	26.1	483.1	20.8
BX	27.82	3.62	25.56	1.73	22.38	1.76	637.5	35.0	493.9	26.0	460.2	23.4
APP	26.50	2.60	24.23	3.52	22.86	2.17	613.9	31.9	491.7	25.8	459.5	19.7
AX	33.46	2.33	28.59	1.49	24.35	1.16	641.1	31.4	548.9	28.4	498.6	26.3
	X		S		X		X		S		S	
KONTROL	42.64		3.50		693.6		41.4					

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı

istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirilmesi için ise Tukey testi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.40 ve Çizelge 3.41’ de verilmiştir.

Çizelge 3.40. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybına (%) ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	311.17	3	103.72	18.78	0.000
Konsantrasyon	656.30	2	328.15	59.42	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	107.62	6	17.94	3.25	0.007
Hata	358.97	65	5.52		
Toplam	64.659.05	78			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının AKY ağırlık miktarı üzerine %5 yanılma olasılığı ile etkisinin önemli olduğu, aynı ancak kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin ise anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.41. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı (%) değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	AKY Ağırlık Kaybı (%) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	18	25.25 a
BA	18	29.07 b
APP	18	24.53 a
AX	18	28.96 b
KONTROL	6	42.64 c
Konsantrasyon		
%3	24	30.70 c
%6	24	26.86 b
%9	24	23.31 a
KONTROL	6	42.64 d

Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmış ve ortaya

çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek için ise Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.42 ve 3.43’ de verilmiştir.

Çizelge 3.42. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY sıcaklık (°C) ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	17729.43	3	5909.81	7.04	0.000
Konsantrasyon	293336.84	2	146668.42	174.78	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	8593.14	6	1432.19	1.71	0.134
Hata	54545.69	65	839.16		
Toplam	24279086.61	78			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının AKY sıcaklık üzerine %95 güven düzeyinde etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin ise anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.43. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY sıcaklık (°C) değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	AKY Sıcaklık (°C) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	18	530.54 a
BA	18	546.12 ab
APP	18	521.68 a
AX	18	562.86 b
KONTROL	6	693.58 c
Konsantrasyon		
%3	24	627.05 c
%6	24	518.52 b
%9	24	475.33 a
KONTROL	6	693.58 d

B- AKY' de (%) O₂ ve CO (ppm) Ait Bulgular

Kimyasal madde türü ve konsantrasyonun deneme levhalarının üzerindeki etkisinin belirlenmesi için alev kaynağı açıkken (AKY) yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama O₂ miktarı (%) ve CO (ppm) değerleri Çizelge 3.44' de verilmiştir.

Çizelge 3.44. Yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve farklı konsantrasyon oranlarının AKY' da ki O₂ miktarı (%) ve CO (ppm) değişimi ortalama değerleri

Konsantrasyon	O ₂ (%)						CO (ppm)					
	%3		%6		%9		%3		%6		%9	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	18.75	0.62	19.13	0.66	19.32	0.63	2714	76.46	1723	57.41	1111	77.87
BX	18.27	0.65	19.08	0.37	19.41	0.42	2594	80.66	1663	73.70	1233	47.26
APP	19.33	0.42	19.52	0.54	19.73	0.16	1434	63.63	1127	68.65	840	63.78
AX	18.69	0.61	18.91	0.68	19.42	0.47	2723	51.27	1783	39.35	1272	28.24
	X		S		X		X		S		S	
Kontrol	17.65		0.80		3075		138.98					

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının AKY O₂ değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirilmesi için ise Tukey testi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.45 ve 3.46' da verilmiştir.

Çizelge 3.45. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY O₂ miktarına (%) ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	3.97	3	1.32	4.16	0.009
Konsantrasyon	6.08	2	3.04	9.57	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	1.23	6	0.21	0.65	0.693
Hata	20.65	65	0.32		
Toplam	28250.28	78			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türünün AKY O₂ üzerine %5 yanılma olasılığı ile etkisinin anlamlı olmadığı konsantrasyon oranının ise önemli olduğu, fakat kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin ise önemli olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.46. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY (%) O₂ değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	AKY (%) O ₂ ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	18	18.92 b
BA	18	19.07 b
APP	18	19.53 b
AX	18	19.01 b
KONTROL	6	17.65 a
Konsantrasyon		
%3	24	18.76 b
%6	24	19.16 bc
%9	24	19.47 c
KONTROL	6	17.65 a

Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY CO değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek için ise Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.47 ve 3.48’ de verilmiştir

Çizelge 3.47. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY CO (ppm), ÇVA değerleri (p ≤ 0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	7381840.71	3	2460613.57	481.04	0.000
Konsantrasyon	19254.998.78	2	9627499.39	1.882.12	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	1957790.33	6	326298.39	63.79	0.000
Hata	332490.50	65	5115.24		
Toplam	290000829.0	78			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının AKY CO miktarı üzerine %95 güven düzeyinde etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin de önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.48. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının AKY CO (ppm) değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	AKY CO (ppm) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	18	1829.8 b
BA	18	1849.4 bc
APP	18	1133.6 a
AX	18	1925.9 c
KONTROL	6	3075.0 a
Konsantrasyon		
%3	24	2366.1 c
%6	24	1573.8 b
%9	24	1114.0 a
KONTROL	6	3075.0 d

2. Kendi Kendine Yanmaya (KKY) Ait Bulgular

A-) Kendi Kendine Yanmaya Ait Ağırlık Kaybı ve Sıcaklığa Ait Bulgular

Kimyasal madde türü ve konsantrasyonun deneme levhalarının üzerindeki etkisinin belirlenmesi için kendi kendine yanma(KKY) esnasında yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama ağırlık kaybı (%), sıcaklık değeri (°C), O₂ miktarı (%) ve CO (ppm) değerleri belirlenmiştir. Ortalama ağırlık kaybı (%), sıcaklık değeri (°C) Çizelge 3.49’ da verilmiştir.

Çizelge 3.49. Yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve farklı konsantrasyon oranlarının KKY’ da ki ağırlık kaybı(%) ve sıcaklık (°C) değişimi ortalama değerleri

Konsantrasyon.	Ağırlık Kaybı (%)						Sıcaklık (°C)					
	%3		%6		%9		%3		%6		%9	
Kimyasal	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	82.56	4.45	76.17	3.58	66.17	2.98	101.2	14.0	95.4	13.7	90.1	12.8
BX	81.44	3.92	71.63	4.21	66.52	1.50	110.7	14.3	101.1	12.1	93.0	11.5
APP	72.80	3.17	63.75	3.79	47.28	2.91	97.7	12.3	88.7	12.2	84.1	9.0
AX	79.92	1.75	76.41	1.27	70.15	1.88	117.3	13.4	106.4	12.9	99.0	10.8
	X		S		X		X		S		S	
KONTROL	84.27		3.11		150.9		14.9					

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı

istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirilmesi için ise Tukey testi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.50 ve 3.51’ de verilmiştir.

Çizelge 3.50. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybına (%) ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	2431.58	3	810.53	68.76	0.000
Konsantrasyon	3347.20	2	1673.60	141.97	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	464.54	6	77.42	6.57	0.000
Hata	766.23	65	11.79		

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının KKY ağırlık kaybı üzerine %5 yanılma olasılığı ile etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin de önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.51. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı (%) değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	KKY Ağırlık Kaybı (%) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	18	73.20 b
BA	18	74.96 b
APP	18	61.28 a
AX	18	75.49 b
KONTROL	6	84.27 c
Konsantrasyon		
%3	24	79.18 c
%6	24	71.99 b
%9	24	62.53 a
KONTROL	6	84.27 d

Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek için ise Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.52 ve Çizelge 3.53’ de verilmiştir.

Çizelge 3.52. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY sıcaklık (°C), ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	3053.048	3	1017.683	5.268	0.003
Konsantrasyon	2782.745	2	1391.373	7.203	0.001
Kimyasal * Konsantrasyon	112.701	6	18.784	0.097	0.996
Hata	12555.667	65	193.164		
Toplam	856778.040	78			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının KKY sıcaklık üzerine %95 güven düzeyinde etkisinin önemli olduğu, ancak kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin ise anlamsız olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.53. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY sıcaklık (°C) değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	KKY Sıcaklık (°C) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	18	101.60 a
BA	18	95.57 ab
APP	18	90.14 ab
AX	18	107.54 b
KONTROL	6	150.92 c
Konsantrasyon		
%3	24	106.70 b
%6	24	97.90 ab
%9	24	91.54 a
KONTROL	6	150.92 c

B-) KKY' de (%) O₂ ve CO (ppm) Ait Bulgular

Kimyasal madde türü ve konsantrasyonun deneme levhalarının üzerindeki etkisinin belirlenmesi için kendi kendine yanmada yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama O₂ miktarı (%) ve CO (ppm) değerleri Çizelge 3.54' de verilmiştir.

Çizelge 3.54. Yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve farklı konsantrasyon oranlarının KKY' da ki (%) O₂ ve CO (ppm) değişimi ortalama değerleri

Konsantrasyon.	O ₂ (%)						CO (ppm)					
	% 3		% 6		% 9		% 3		% 6		% 9	
Kimyasal Adı	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	19.50	0.28	19.73	0.22	20.25	0.24	3533	95.11	3316	60.04	3174	98.97
BX	20.28	0.34	20.44	0.70	20.52	0.41	3475	98.49	3209	99.38	3080	98.59
APP	19.77	0.52	20.33	0.36	20.47	0.29	3213	72.35	2918	66.26	2479	46.91
AX	20.17	0.27	20.25	0.60	20.46	0.21	3473	66.76	3238	95.49	3087	69.65
	X		S		X		X		S			
KONTROL	19.26		0.72		3752		135.73					

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının KKY (%)O₂ değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirilmesi için ise Tukey testi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.55 ve 3.56' da verilmiştir.

Çizelge 3.55. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY O₂ miktarına (%) ait ÇVA değerleri(p ≤ 0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	3.47	3	1.16	6.18	0.001
Konsantrasyon	2.90	2	1.45	7.74	0.001
Kimyasal * Konsantrasyon	0.91	6	0.15	0.81	0.563
Hata	12.17	65	0.19		
Toplam	31569.47	78			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının KKY (%) O₂ miktarı üzerine %5 yanılma olasılığı ile etkisinin önemli olduğu, fakat kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin ise önemli olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.56. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY O₂ (%) miktarı değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	KKY (%) O ₂ ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	18	20.41 c
BA	18	19.83 b
APP	18	20.19 bc
AX	18	20.29 bc
KONTROL	6	19.26 a
Konsantrasyon		
%3	24	19.93 b
%6	24	20.19 bc
%9	24	20.42 c
KONTROL	6	19.26 a

Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY CO değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek için ise Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.57 ve 3.58’ de verilmiştir.

Çizelge 3.57. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY CO miktarına (ppm) ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	2431839.71	3	810613.24	104.94	0.000
Konsantrasyon	2638114.19	2	1319057.10	170.76	0.000
Kimyasal * Konsantrasyon	330975.58	6	55162.60	7.14	0.000
Hata	502091.33	65	7724.48		
Toplam	819706.800	78			

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının KKY CO miktarı üzerine %95 güven düzeyinde etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin de önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.58. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının KKY CO miktarı (ppm) değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	KKY CO (%) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
BX	18	3254.7 b
BA	18	3341.0 b
APP	18	2869.7 a
AX	18	3265.6 b
KONTROL	6	3751.8 c
Konsantrasyon		
%3	24	3423.2 c
%6	24	3170.3 b
%9	24	2954.8 a
KONTROL	6	3751.8 d

2- Yanma Mukavemetinin TGA Yöntemiyle Belirlenmesi

Test örneklerinin TGA ölçümleri, Kahramanmaraş Üniversitesi ÜSKİM laboratuvarında bulunan S II TG/DTA 6300 marka cihaz ile yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 3.59’ da verilmiştir.

Çizelge 3.59. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranlarının TGA ortalama değerleri

KİMYASAL	%	İlk Bozunma Sıcaklığı (°C)	İlk Bozunma Ağırlık Miktarı (%)	Bozunma Bitme Sıcaklığı (°C)	Bozunma Bitme Kütle Kaybı Miktarı (%)	Kütle Kaybı Miktarı (%)
KONTROL	0	283.3	92.1	361.0	68.0	79.0
BORAKS	%3	282.1	93.0	359.4	64.7	76.2
	%6	287.6	91.4	361.6	61.6	72.7
	%9	289.3	90.7	361.2	60.3	71.2
BORİKASİT	%3	281.7	92.1	362.9	63.5	75.9
	%6	292.5	89.4	348.3	53.1	69.4
	%9	291.4	90.1	348.3	52.3	67.0
APP	%3	260.8	94.4	344.9	56.3	71.0
	%6	262.1	93.8	342.3	52.4	67.5
	%9	266.6	93.6	336.2	50.6	67.1
ALFA-X	%3	274.6	93.5	361.0	63.0	75.2
	%6	254.3	94.0	358.5	62.2	75.1
	%9	258.0	94.4	361.4	60.6	73.9

3- Limit Oksijen İndeksi Testine Ait Bulgular

Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında ASTM 2863-09 standardına uygun olarak yapılan oksijen indeksi testine ait bulgular Çizelge 3.60' da verilmiştir.

Çizelge 3.60. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin farklı oranlarının ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarına ait ortalama oksijen indeksi değerleri (%)

Sıra No	Kimyasallar	Kimyasal Oranları (%)	Oksijen İndeksi (%)
1	Boraks	%3	30
2	Boraks	%6	32
3	Boraks	%9	35
4	Borik asit	%3	31
5	Borik asit	%6	34
6	Borik asit	%9	38
7	APP	%3	39
8	APP	%6	45
9	APP	%9	45
10	Alfa-x	%3	29
11	Alfa-x	%6	30
12	Alfa-x	%9	31
13	KONTROL	%0	27

Polimerlerin kimyasal yapıları LOI değerlerini önemli ölçüde etkilemektedir. LOI değerleri polimerlerin oksitlenebilir atom veya molekül gruplarının sayısı ile belirlenebilmektedir. Yanıcı olma özelliğini etkileyen hidrojen ve karbon oranı ne kadar yüksek olursa materyallerin yanma özelliği o kadar çok artmaktadır. Herhangi bir malzemenin LOI değerinin yüksek olması atmosferik ortamda yanıcı olma özelliğinin zor olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle LOI değeri %25' ten küçük olan materyaller havada çok kolay yanabilmekte iken LOI değeri %25' ten büyük olanlar ise havada kendiliğinden sönmektedirler (Kayan, 2004). Yanma özelliği yüksek olan materyaller düşük oksijen indeksi değerlerine sahip olurken, yanma özelliği düşük materyaller ise yüksek oksijen indeksi değerlerine sahip olmaktadır. Yukarıda Çizelge 3.60' da görüldüğü gibi yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin farklı oranlarının ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarına ait ortalama oksijen indeksi değerleri %25'in

üzerinde tespit edilmiştir. Amonyum polifosfat en etkili yanmayı geciktirici kimyasal olarak belirlenmiştir.

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının Limit Oksijen İndeksi (%) değerlerinin karşılaştırıldığı, kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı istatistik yöntemde çoğul varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirilmesi için ise Tukey testi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.61 ve 3.62’ de verilmiştir.

Çizelge 3.61. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının Limit Oksijen İndeksi (%) değerlerine ait ÇVA değerleri ($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal	1.120.000	3	373.333	53.333	0.000
Konsantrasyon	222.000	2	111.000	15.857	0.004
Kimyasal * Konsantrasyon	42.000	6	7000	6.825	0.000

ÇVA sonuçlarına göre kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının KKY ağırlık kaybı üzerine %5 yanılma olasılığı ile etkisinin önemli olduğu, aynı zamanda kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının birbiri ile etkileşiminin de önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.62. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal madde ve farklı konsantrasyonlarının ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarının Limit Oksijen İndeksi (%) miktarı değerlerine ait Tukey testi ve homojenlik grupları

Varyasyon Katsayıları	N	Limit Oksijen İndeksi (%) ve Gruplar
Kimyasal Türü		
Kontrol	4	27 a
Alfa x	12	30 b
Boraks	12	32 c
Borikasit	12	34 d
Amonyum Polifosfat	12	43 e

3.1.5. Serbest Formaldehit Emisyonu Testi

Üreformaldehit tutkalı kullanılan lif levhaların üretimleri esnasında veya sonrasında levhalardan ayrılan formaldehit sebebiyle çevre ve sağlık açısından problemler çıkmaktadır. Formaldehit emisyonu üretim sürecinden sonra hava ile temas eden malzemenin bağıl nem nedeniyle formaldehitin çözülmesi ve havaya karışması olayıdır. Formaldehit emisyonu TS 4894 EN 120 stadardına göre laminat parkede E0: 1-2 mg/100g; E1:2-10 mg/100g; E2: 10-30 mg/100g; E3: 30-60 mg/100g olarak sınıflandırılır. Ülkelere göre bu miktarlar farklılık göstermektedir. Formaldehit emisyon miktarı üzerine ürünlerin havalandırma hızının artırılması, formaldehit esaslı tutkalların düşük ısı ve nemli ortamlarda kullanılması, levhaların üzerlerinin kaplanması, dolgu maddesi miktarı, liflevha ürünlerinin üretim sonrası depolama ve bekleme süresi, hammadde türü, tutkal türü, rutubet miktarı, pres sıcaklığı ve süresi gibi faktörler etkili olmaktadır. Formaldehit emisyonunun belirlenebilmesi için deneme numunelerinin rutubet miktarının belirlenmesi önemli olup Çizelge 3.63' de bu değerler verilmiştir.

Çizelge 3.63. Üreformaldehit tutkalının kullanıldığı yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin farklı oranlarının ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarına ait formaldehit testi rutubet değerleri (%)

KİMYASAL (%)	Rutubet Miktarı (%)	M _r (Klimatize ağırlık) (g)	M _o (Tam kuru ağırlık) (g)
BX-3	4.69	17.022	16.258
BX-6	5.30	15.292	14.522
BX-9	5.37	15.128	14.357
BA-3	6.21	15.513	14.605
BA-6	6.04	16.415	15.480
BA-9	7.05	15.460	14.441
APP-3	5.22	15.513	14.743
APP-6	5.05	14.986	14.265
APP-9	5.03	16.328	15.545
AX-3	5.48	15.049	14.266
AX-6	5.23	16.037	15.240
AX-9	5.10	16.894	16.074
KONTROL ÖRNEĞİ	4.97	17.689	16.851

Çizelge 3.64. Üreformatdehit tutkalının kullanıldığı yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin farklı oranlarının ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarına ait ortalama serbest formaldehit emisyonu değerleri (mg/100g)

Sıra No	Kimyasallar	Kimyasal Oranları (%)	Serbest Formaldehit Emisyon Miktarı (mg/100 g)
1	Boraks	%3	23.02
2	Boraks	%6	15.69
3	Boraks	%9	15.27
4	Borik asit	%3	23.99
5	Borik asit	%6	17.29
6	Borik asit	%9	15.40
7	APP	%3	17.27
8	APP	%6	14.42
9	APP	%9	9.14
10	Alfa-x	%3	20.24
11	Alfa-x	%6	12.19
12	Alfa-x	%9	10.97
13	KONTROL	%0	27.97

Çizelge 3.64 incelendiğinde kontrol örneği serbest formaldehit içeriği 27.97 (mg/100g) olarak bulunmuştur. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak elde edilen levhalarda ise oranlar birbirinden farklı bir durum oluşturmuştur. FR kimyasallarının kullanıldığı levhalardan elde edilen deneme levhalarının içinde en yüksek serbest formaldehit içeriği %3 borik asit ilaveli levha örneklerinde (23.99 mg/100g) bulunmuştur. En düşük değer ise %9 amonyum polifosfat (9.14 mg/100g) kullanılan deneme levhaları örneklerinde tespit edilmiştir. FR kimyasallarının her biri için kullanım oranının artışı serbest formaldehit içeriğinin azalmasına neden olmuştur. Bu sonuca dayalı olarak FR kimyasalı serbest formaldehit içeriğini azaltmaktadır. Formaldehit odun esaslı ahşap malzemelerde kullanılan tutkalların üretiminde kullanılan renksiz, zehirli ve keskin bir kokuya sahip kimyasal maddedir.

3.1.6. Mantar Testine Ait Bulgular

Mantar Çürüklük Testine Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici özelliğe sahip kimyasal maddelerin ilave edildiği deney levhaları beyaz çürüklük mantarı *Ceriporiopsis subvermiphora* ve kahverengi çürüklük mantarı *Coniophora puteana* mantarına maruz bırakılmıştır. Levha grupları ve kontrol örneklerine ait ağırlık kayıpları Çizelge 3.65 ve 3.66’ de verilmiştir. *Ceriporiopsis subvermiphora* çürüklük mantarına ait istatistik analiz sonuçları Çizelge 3.67 ve 3.68’ de *Coniophora puteana* çürüklük mantarına ait istatistik sonuçları ise Çizelge 3.69 ve 3.70’ de verilmiştir.

Çizelge 3.65. Farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerden elde edilen deneme ve kontrol levhalarının *Ceriporiopsis subvermiphora* mantarına ait çürüklük testi ağırlık kaybı (%) miktarları

Konsantrasyon	Ağırlık Kaybı (%)							
	BX		BA		APP		AX	
	X	S	X	S	X	S	X	S
%3	3.22	0.28	3.10	0.90	4.14	0.21	5.05	0.38
%6	2.91	0.17	2.67	1.07	3.61	0.18	4.84	0.26
%9	2.45	0.20	2.20	0.67	3.48	0.26	4.73	0.40
KONTROL	4.93	0.21	5.69	0.21	6.16	0.28	5.96	0.27

Çizelge 3.66. Farklı konsantrasyonlardaki yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerden elde edilen deneme ve kontrol levhalarının *Coniophora Puteana* mantarına ait çürüklük testi ağırlık kaybı (%) miktarları

Konsantrasyon	Ağırlık Kaybı (%)							
	BX		BA		APP		AX	
	X	S	X	S	X	S	X	S
%3	3.00	0.23	3.73	0.43	4.32	0.20	4.86	0.24
%6	2.58	0.12	3.25	0.57	3.99	0.33	4.53	0.31
%9	1.82	0.15	2.02	0.44	3.32	0.23	3.56	0.18
KONTROL	5.31	0.35	5.37	0.30	5.00	0.22	5.75	0.31

Ceriporiopsis subvermiphora mantar çürüklük testine ait ağırlık kaybı değerlerine ait BVA ve Tukey homojenlik grupları Çizelge 3.67 ve 3.68’ de verilmiştir.

Çizelge 3.67. *Ceriporiopsis subvermisphora* mantarı ağırlık kaybı değerlerine ait BVA test sonuçları ($p \leq 0.05$)

Kimyasal Madde	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Hesap	Önem Derecesi
Türü	G.Arası	71.527	7	10.218	29.594	0.000
	G. İçi	19335	56	0.345		
	Toplam	90.862	63			
Konsantrasyon	G.Arası	86.276	15	5.752	60.205	0.000
	G. İçi	4.586	48	0.096		
	Toplam	90.862	63			

Çizelge 3.68. *Ceriporiopsis subvermisphora* mantarı ağırlık kaybı değerlerine ait Tukey test sonuçları ve homojenlik grupları

Varyasyon Kaynağı	N	Ağırlık Kaybı (%)	Gruplar
Kimyasal Madde Türü			
BX	12	2.47	A
BA	12	3.00	AB
APP	12	3.88	C
AX	12	4.32	CD
KONTROL BX	4	5.31	DE
KONTROL BRK	4	5.37	DE
KONTROL APP	4	5.00	DE
KONTROL AX	4	5.75	E
Kimyasal Madde Konsantrasyonu			
BX-%3	4	3.01	BC
BX-%6	4	2.58	AB
BX-%9	4	1.82	A
BRK%3	4	3.73	CDE
BRK%6	4	3.25	BCD
BRK%9	4	2.02	A
APP%3	4	4.32	EFG
APP%6	4	3.99	DEF
APP%9	4	3.32	BCD
AX%3	4	4.86	GHI
AX%6	4	4.53	FGH
AX%9	4	3.57	CDE
KONTROL BX	4	5.31	IJ
KONTROL BRK	4	5.37	HIJ
KONTROL APP	4	5.00	GHIJ
KONTROL AX	4	5.75	J

Çizelge 3.67' de görüldüğü üzere *Ceriporiopsis subvermisphora* mantarı deney örnekleri üzerinde ($p \leq 0.05$) önem düzeyinde anlamlı farklılıklar yaptığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.69. *Coniophora Puteana* mantarı ağırlık kaybı değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$)

Kimyasal Madde	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Hesap	Önem Derecesi
Türü	G.Arası	99.63	15.00	6.64	32.17	0.00
	G. İçi	9.91	48.00	0.21		
	Toplam	109.54	63.00			
Konsantrasyon	G.Arası	95.64	7.00	13.66	55.01	0.00
	G. İçi	13.91	56.00	0.25		
	Toplam	109.54	63.00			

Çizelge 3.70. *Coniophora Puteana* mantarı ağırlık kaybı değerlerine ait Tukey test sonuçları ve homojenlik grupları

Varyasyon Kaynağı	N	Ağırlık Kaybı (%)	Gruplar
Kimyasal Madde Türü			
BX	12	2.86	AB
BA	12	2.66	A
APP	12	3.74	B
AX	12	4.88	C
KONTROL BX	4	4.93	C
KONTROL BRK	4	5.69	CD
KONTROL APP	4	6.16	D
KONTROL AX	4	5.96	D
Kimyasal Madde Konsantrasyonu			
BX-%3	4	3.22	ABC
BX-%6	4	2.91	AB
BX-%9	4	2.45	AB
BRK%3	4	3.11	ABC
BRK%6	4	2.68	AB
BRK%9	4	2.20	A
APP%3	4	4.14	CDE
APP%6	4	3.61	BCD
APP%9	4	3.48	BC
AX%3	4	5.05	EFGH
AX%6	4	4.84	EFG
AX%9	4	4.73	DEF
KONTROL BX	4	4.93	EFG
KONTROL BRK	4	5.69	FGH
KONTROL APP	4	6.16	H
KONTROL AX	4	5.96	GH

Çizelge 3.69' da görüldüğü üzere *Coniophora Puteana* mantarının deney örnekleri üzerinde ($p \leq 0.05$) önem düzeyinde anlamlı farklılıklar yaptığı belirlenmiştir.

3.1.7. Kf Mantarı Etkisine Ait Bulgular

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin belirli konsantrasyonlarda ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarına, *Aerobasidium pullulans* ve *Aspergillus niger* kf mantarlarının 8 hafta sresinde etkili oldukları kaplama alanı skala değerleri izelge 3.71 ve 3.72’ de verilmiştir.

Çizelge 3.71. *Aerobasidium pullulans* kf mantarının yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerle muamele edilmiş deneme ve kontrol örnekleri üzerindeki etkisi

Haftalar	1	2	3	4	5	6	7	8
Kontrol	0	1	2	2	3	3	4	5
BX %3	0	0	1	1	1.5	2	2	3
BX %6	0	0	1	1	1.5	1.5	2	2
BX %9	0	0	1	1	1.5	1.5	2	2
Kontrol	1	2	3	4	5	5	5	5
BA %3	0	1	2	3	4	4.5	5	5
BA %6	0	1	1	1	2	2	3	3
BA %9	0	1	1	1	1	2	2	3
Kontrol	1	2	3	4	5	5	5	5
APP %3	1	2	2	3	3.5	4.5	5	5
APP %6	1	2	2	2.5	3	4	5	5
APP %9	1	1	2	2	2	3	4	5
Kontrol	1	2	3	4	5	5	5	5
AX %3	1	1	2	3	4	4.5	5	5
AX %6	1	1	2	2.5	3.5	4	5	5
AX %9	1	1	2	2.5	3	4.5	4	5

Çizelge 3.72. *Aspergillus niger* kf mantarının yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerle muamele edilmiş deneme ve kontrol örnekleri üzerindeki etkisi

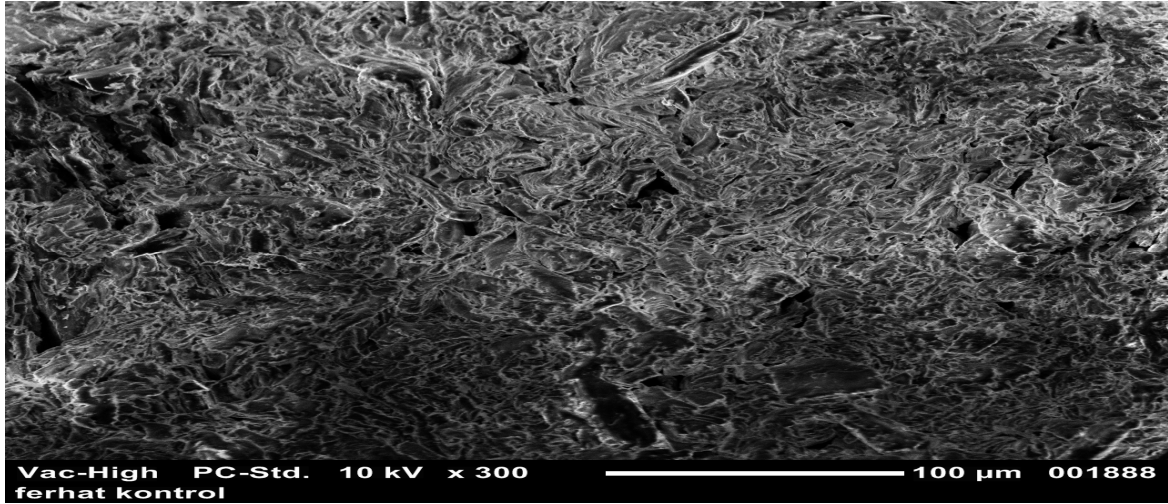
Haftalar	1	2	3	4	5	6	7	8
Kontrol	1	2	2	3	4	4	4	5
BX %3	0	0	1	1	1.5	2	2	3
BX %6	0	0	0	1	1	1.5	2	3
BX %9	0	0	0	0	1	1	2	2
Kontrol	1	2	3	4	5	5	5	5
BA %3	0	1	1	2	2.5	4	4	5
BA %6	0	1	1	1	2.5	3	4	4.5
BA %9	0	0	0	1	1	1.5	1.5	2
Kontrol	1	2	3	4	5	5	5	5
APP %3	0	1	1	2	2	3	4	4
APP %6	0	1	1	2	2	2.5	3.5	3.5
APP %9	0	1	2	2	2	2	3	3
Kontrol	1	2	3	4	5	5	5	5
AX %3	1	1	2	2	2.5	3.5	4.5	4.5
AX %6	1	1	1	1.5	2.5	3.5	3.5	3.5
AX %9	1	1	1	1	1.5	2.5	2.5	2.5

3.1.8. Elde Edilen Levhalarda Kimyasal Madde ve Lif Karışımı SEM Resimleri

Tam kuru lif ağırlığına göre toz halinde liflerin içine %3, %6 ve %9 oranlarında ilave edilen yanmayı geciktirici kimyasal maddeleri içeren deneme levhaları ve kontrol örneği SEM resimleri aşağıda verilmiştir. Scanning Electron Microscope (SEM) fotoğrafları ÜSKİM laboratuvarlarında Neo Scope marka cihazında elde edilmiştir.

Kontrol Örneği SEM (Scanning Electron Microscope) Görüntüsü

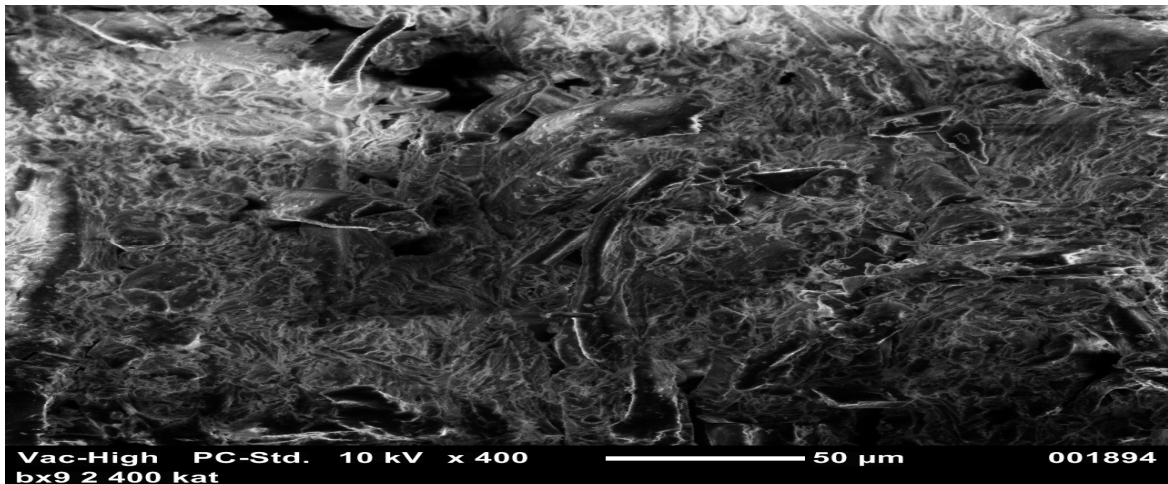
Sarıçam ve kayın liflerinin tutkalandıktan sonra preslenmesi neticesinde elde edilen levhadaki lif dağılımı Şekil 3.1' de görülmektedir.



Şekil 3.1. Kontrol örneği lif dağılımı

Boraks - Lif Karışım Resim Görüntüsü

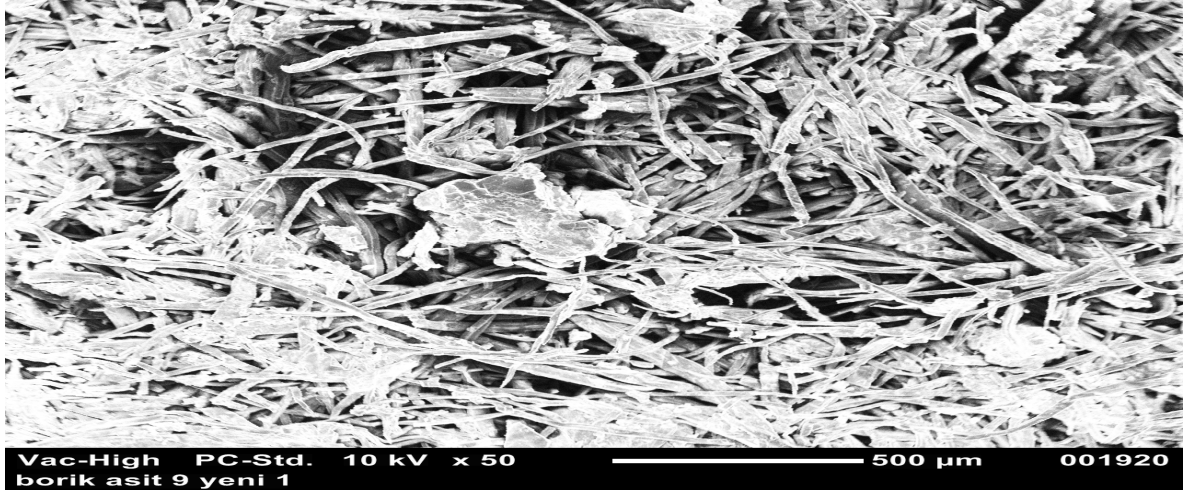
Liflerin arasına değişik oranlarda katılan boraks kimyasalının SEM görünümü Şekil 3.2' de verilmiştir



Şekil 3.2. Yanmayı geciktirici Boraks kimyasal maddesinin lifler arasındaki dağılımı

Borik asit - Lif Karışım Resim Görüntüsü

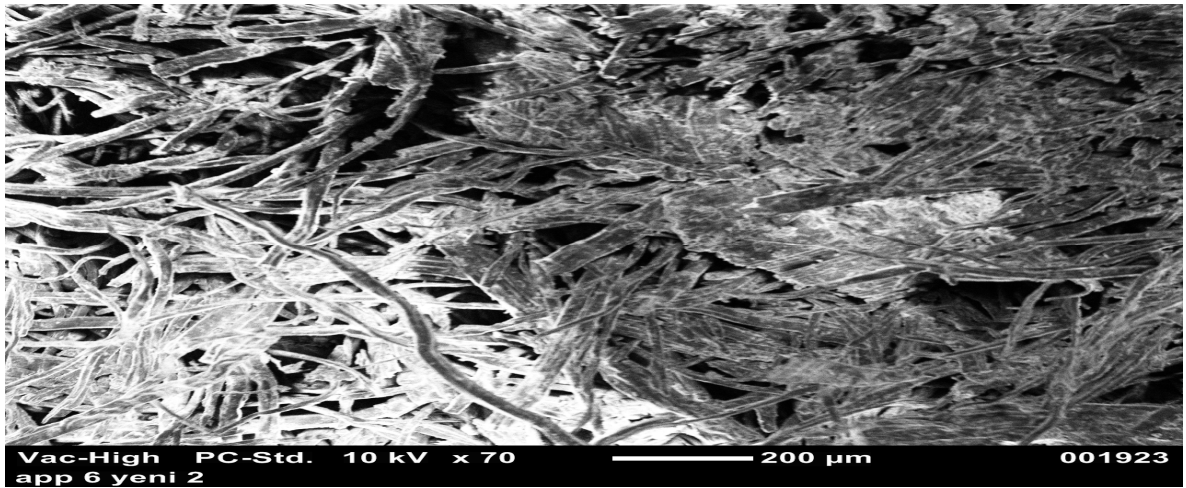
Liflerin arasına değişik oranlarda katılan borik asit kimyasalının SEM görünümü Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.3. Yanmayı geciktirici Borik asit kimyasal maddesinin lifler arasındaki dağılımı

Amonyum polifosfat - Lif Karışım Resim Görüntüsü

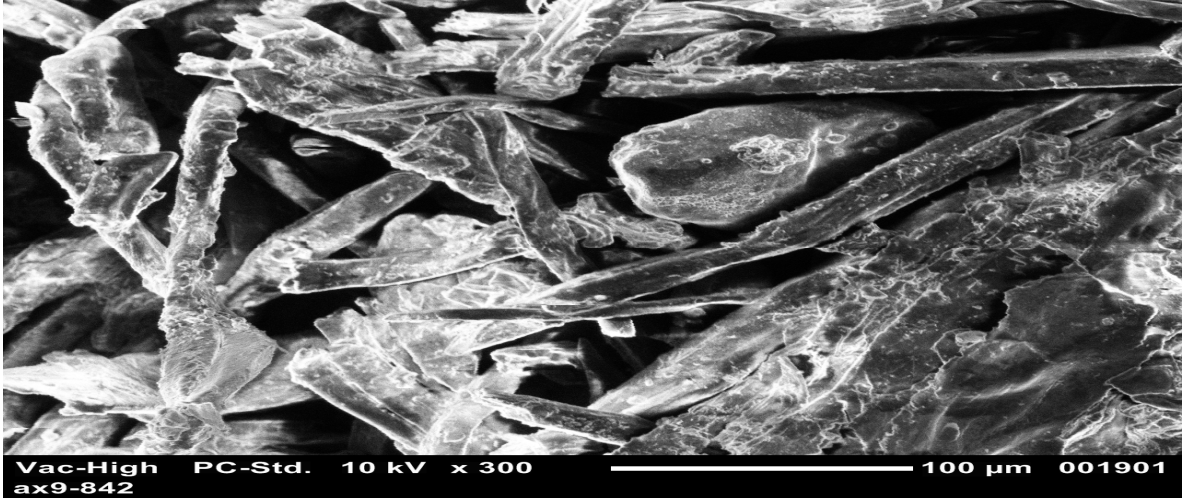
Liflerin arasına değişik oranlarda katılan amonyum polifosfat kimyasalının SEM görünümü Şekil 3.4' de verilmiştir.



Şekil 3.4. Yanmayı geciktirici Amonyum polifosfat kimyasalının lifler arasındaki dağılımı

Alfa-x ile Lif Karışımı Resim Görüntüsü

Liflere katılan alfa-x kimyasalının SEM görünümü Şekil 3.5' de verilmiştir.



Şekil 3.5. Yanmayı geciktirici Alfa-x kimyasal maddesinin lifler arasındaki dağılımı

3.2. Tartışma

Yanmayı geciktirici değişik kimyasal maddelerin tam kuru lif ağırlığına oranla farklı konsantrasyon oranlarında kullanılması ile elde edilen HDF levhaların üzeri kaplanmış ve laminat parke elde edilmiştir. HDF levhaların yüzeyinin kaplanma amacı; su ve nem almayı azaltmak, mekanik özellikleri artırmak, formaldehit gibi zararlı gazların yayılmasını engellemek ve estetik fonksiyon elde etmektir. Kullanılan yanmayı geciktirici kimyasalların türü ve konsantrasyon oranının laminat parke deneme levhalarının fiziksel, mekanik, yüzey kalitesi özellikleri, yanma ve TGA, formaldehit emisyonu, mantar çürüklüğü ve küf mantarı özellikleri üzerine etkisinin belirlenmiştir. Elde edilen veriler şekillerde ve çizelgelerde gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

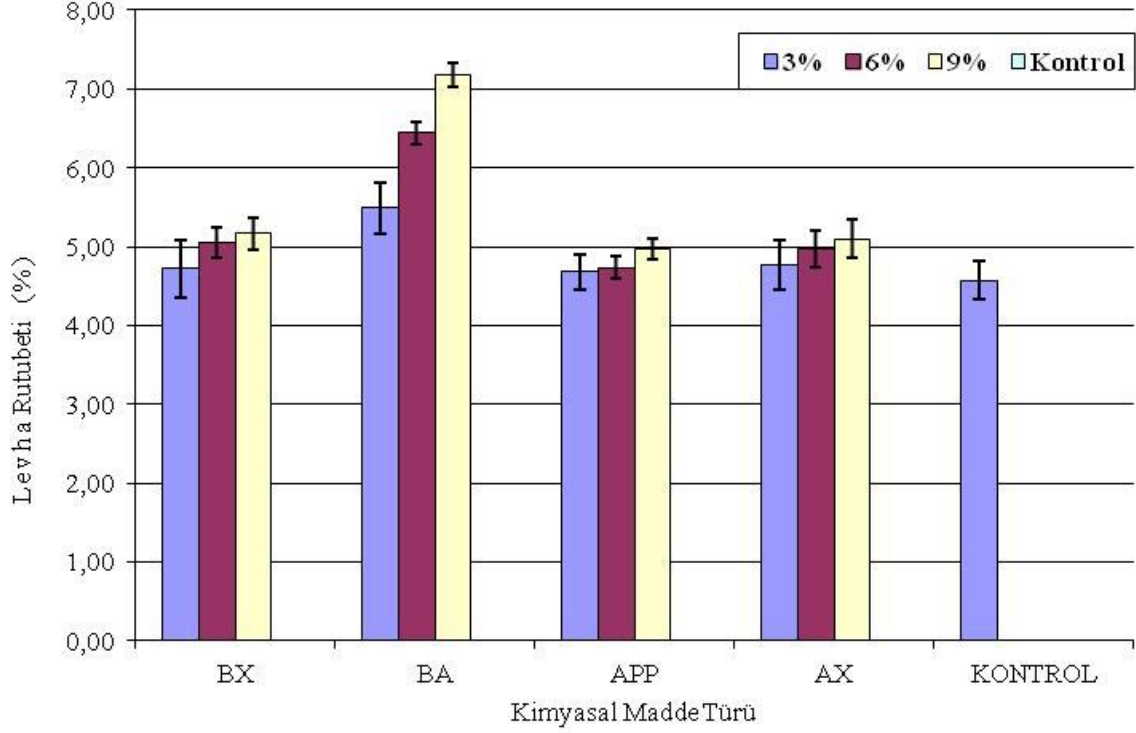
Üre formaldehit tutkalı ile tutkallanan lifler ile çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin toz halinde ilave edilmesi ile elde edilen deneme ve kontrol levhalarının direnç özelliklerinin belirlenmesi için yapılan testlerin elde edilen bulguları aşağıda verilmiştir. ASTM E 69 standartlarına göre yapılan AKY ve KKY testi neticesinde planlanan kütle kaybı, sıcaklık değerleri, O₂, CO ve NO değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ancak NO_x değerleri sıcaklığın 1000°C geçmemesi üzerine ölçülememiştir. Literatür araştırmasında da bu durum desteklenmektedir. Yanmayı geciktirici kimyasallarla muamele edilen LVL örneklerinin yanma özelliklerinin araştırıldığı çalışmada sıcaklığın 1000°C geçmemesi nedeni ile NO_x ve SO_x ölçülememiştir (Özçiftci, 2007).

3.2.1. Fiziksel Özellikler

HDF levhalarda fiziksel ve mekanik özellikler üzerine pres sıcaklığı ve basıncının olumlu etkisinin olduğu belirtilmiştir (İstek, 2006). Bu yüzden optimum parametreler seçilmiştir. Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen laminat parke örneklerinde fiziksel özelliklere ait rutubet miktarı, yoğunluk, su alma miktarı, kalınlık artışı ve ısı iletim katsayısı testleri yapılmış, sonuçları grafik ile gösterilmiş ve değerlendirilmeleri yapılmıştır. Sırasıyla bu özellikler aşağıda açıklanmıştır.

Rutubet Miktarı

Deneme levhaları içerisine katılan, yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyon oranlarının, deneme levhaları rutubet miktarı değeri üzerine olan etkisi TS EN 322'e uygun şekilde belirlenmiş ve Şekil 3.6' da verilmiştir.

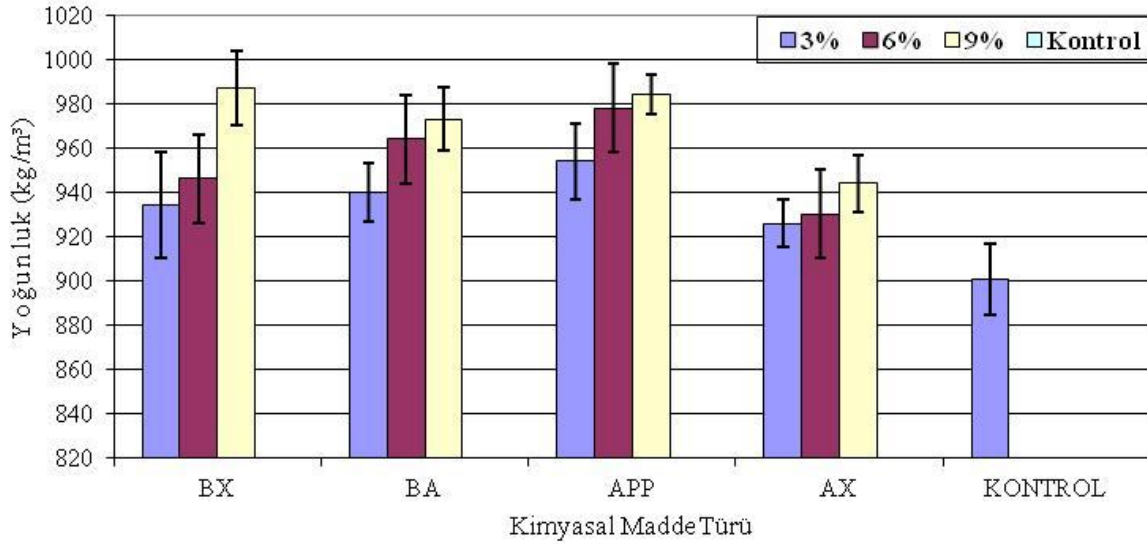


Şekil 3.6. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının rutubet değerlerindeki değişim

Şekil 3.6' da görüldüğü üzere tüm yangın geciktirici kimyasal maddeler ve farklı konsantrasyonlarından elde edilen levhaların rutubet miktarı değişim değerleri, kontrol grubunun değerlerinden daha yüksektir. Rutubet değerinin artma miktarı Çizelge 3.1' de verildiği üzere en fazla %9 borik asitte (%7.18) görülürken en az ise %3 alfa-x (%4.77)' de belirlenmiştir. Bu değerlerdeki artışın konsantrasyon miktarının artmasıyla birlikte arttığı da görülmektedir. Bu artışın sebebi, levha yapımında kullanılan yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin inorganik tuz olması sebebiyle buldukları ortamdaki rutubeti kolay çekme özelliğine sahip olmalarından kaynaklandığı belirtilmektedir (Le Van ve Collet, 1989; Denizli, 1997). Suda çözünen yüksek konsantrasyondaki tuzlar ve özellikle yanmayı geciktirici maddeler, ağaç malzemenin denge rutubet miktarını yükselterek direnç azalmasına sebep olabilmektedir (Burmester ve Becker, 1987). Rutubet miktarının direnç özellikleri üzerine etkisi oldukça fazla olup, olumsuz etki yaptığı bilinmektedir. Yapılan laminat parke deney numuneleri fiziksel testlerinde de bu durum görülmektedir.

Yoğunluk Değeri

Yanmayı geciktirici farklı kimyasal maddelerin ve farklı konsantrasyon oranlarının deneme levhalarının yoğunluğu üzerindeki değişim etkileri TS EN 323'e uygun şekilde belirlenmiş ve Şekil 3.7' de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerindeki değişim

Şekil 3.7' de görüldüğü üzere yoğunluk değerleri tüm yanmayı geciktirici kimyasal maddelerde ve farklı konsantrasyonlarında, kimyasal maddenin türüne bağlı olarak artış göstermiştir. Bu duruma kontrol örneğinde kullanılan lif miktarına ilave edilen kimyasal maddenin konsantrasyon oranındaki artışın neden olduğu düşünülmektedir. Rutubet ile yoğunluk arasında zaten bir ilişki vardır. Belli bir orana kadar rutubet arttıkça yoğunlukta artmaktadır. Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler toz halinde kullanıldıkları için liflerin arasında ve yüzeylerinde birikerek ağırlık artışı ile birlikte, lif hacminin artmasına neden olmaktadır. Çizelge 3.4' de görüldüğü üzere kontrol örneğine göre en fazla yoğunluk oranı en yüksek konsantrasyon oranında boraksta (987 kg/m^3) meydana gelmiştir.

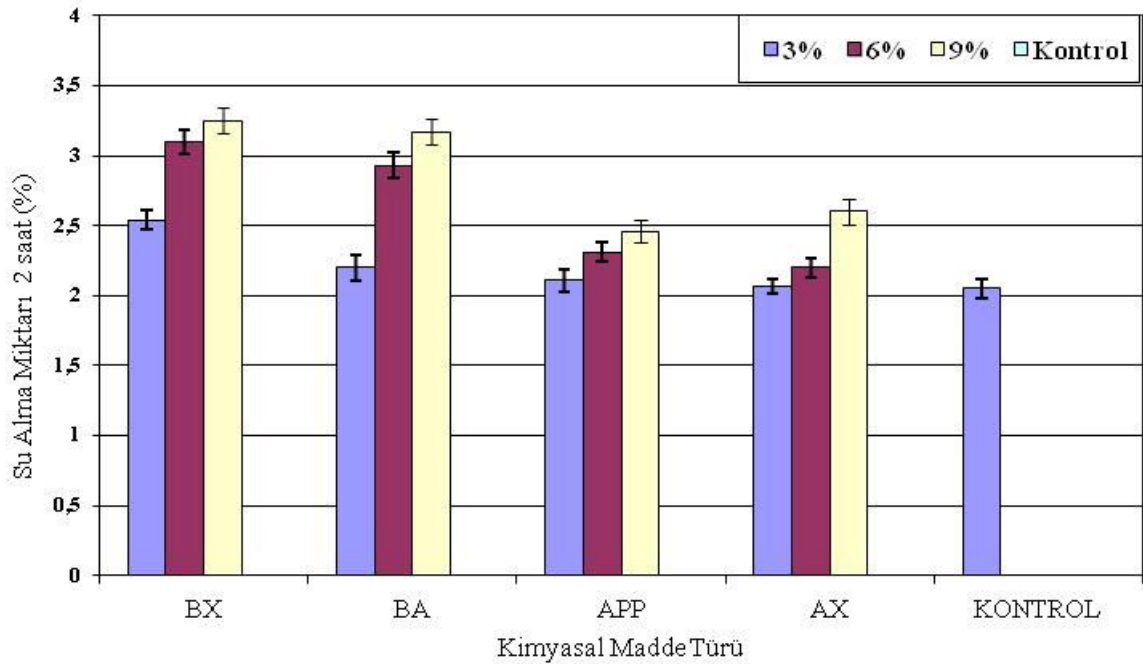
Yoğunluk üzerine en az etki diğer yanmayı geciktirici kimyasallara nazaran alfa-x' de olmuştur. Elde edilen tüm levhaların yoğunlukları 901 ve 987 kg/m^3 arasında değişirken, her bir FR kimyasalı için en yüksek yoğunluk değerleri en yüksek konsantrasyon oranlarında meydana gelmiştir. Şimşek ve arkadaşları (2009), amonyum tetrafluoroborat (AFB), sodyum tetrafluoroborat (SFB) ve amonyum pentaborat oktahidrat (APB) borlu bileşiklerini kullandıkları çalışmalarında, borlu bileşiklerle muamele edilen

deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değerlerinin emprenyesiz kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek çıktığını bulmuşlardır.

Dönmez (2005), yonga levha üretmek için hesaplanan tam kuru yonga miktarından, belirlenen konsantrasyon oranı için azalttığı % oranı kadar yonganın yerine toz halinde çinko borat eklemiş ve yoğunluğun kontrol örneğinden daha düşük çıktığını belirlemiştir. Yoğunluğun azalmasının nedeninin ise çinko boratın tutkallama makinesinin alt kısmına çökmüş olması sebebiyle üretim hattına katılmamasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Laminat parke levhalarının yapımı esnasında liflerin içine katılan FR kimyasallarının toz olması sebebiyle tabana çökme suretiyle az miktarda kütle kaybı belirlenmiştir. Yoğunluk levha ürünlerinin direnç özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir.

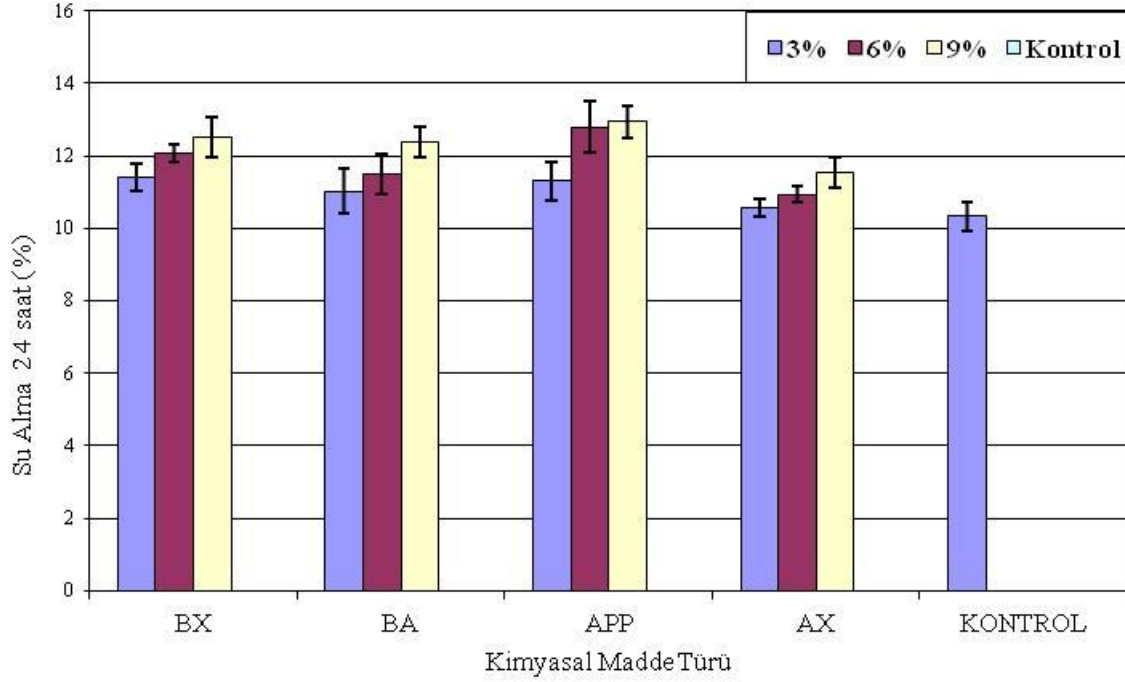
Su Alma Miktarı

Yanmayı geciktirici kimyasal madde türünün ve konsantrasyonunun, elde edilmiş deneme levhalarında ve kontrol örneği levhalarında 2 saat sonra su alma miktarı üzerindeki etkisi TS EN 317'e göre belirlenmiş ve Şekil 3.8' de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 2 saat sonra su alma değerlerindeki değişim

Yanmayı geciktirici kimyasal madde türünün ve konsantrasyonunun, elde edilmiş deneme levhalarında ve kontrol örneği levhalarında 24 saat sonra su alma miktarı üzerindeki etkisi TS EN 317'e göre belirlenmiş ve Şekil 3.9' da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat sonra su alma değerlerindeki değişim

Su alma miktarı yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin konsantrasyon artışına bağlı olarak artmıştır. 2 saat süre sonunda tüm kimyasal maddeler ve konsantrasyon oranları Çizelge 3.7' de belirtildiği üzere kontrol örneği (%2.05) değerinden daha fazla olarak belirlenmiştir. En fazla su alma miktarı %9 boraks (%3.25) konsantrasyonunda olmuştur. 24 saat süre sonunda ise su alma miktarı Çizelge 3.10' da belirtildiği üzere yine kontrol örneği (%10.33) değerinden daha yüksek elde edilmiştir. En fazla su alma miktarı ise %9 amonyum polifosfatta (%12.94) belirlenmiştir. Döngel (2005), yapmış olduğu çalışmada HDF parkelerin 2 saat sonunda su alma miktarını %2.49, su alma miktarını 24 saat sonunda ise %11.19 bulmuştur. Oysaki bu kaplanmamış HDF levhalarda %18 civarındadır.

Su alma miktarı laminat parke için maksimum \leq %35 olmalıdır. Su alma ve kalınlığına şişme miktarı üzerine birçok faktör etki etmektedir. Kullanılan FR kimyasallarının higroskopik özellik taşımalarının yanı sıra levha kalınlığı da etkili olmaktadır. Levhaların su alma ve ya şişmesi ya çevre havasından su alması ya da su altında kalmasından dolayı olmaktadır. Su alma olayı levhanın boşluklarına su almakla başlar, yavaş yavaş hücre boşluklarına ve liflerin misellerin arasına girmesi ile devam eder. Misellerin arasına giren su miselleri birbirinden uzaklaştırır ve şişme olayı gerçekleşir. Su alma ve şişme miktarı ve hızı deneme örneklerinin daldırıldığı suyun pH değerine, suyun

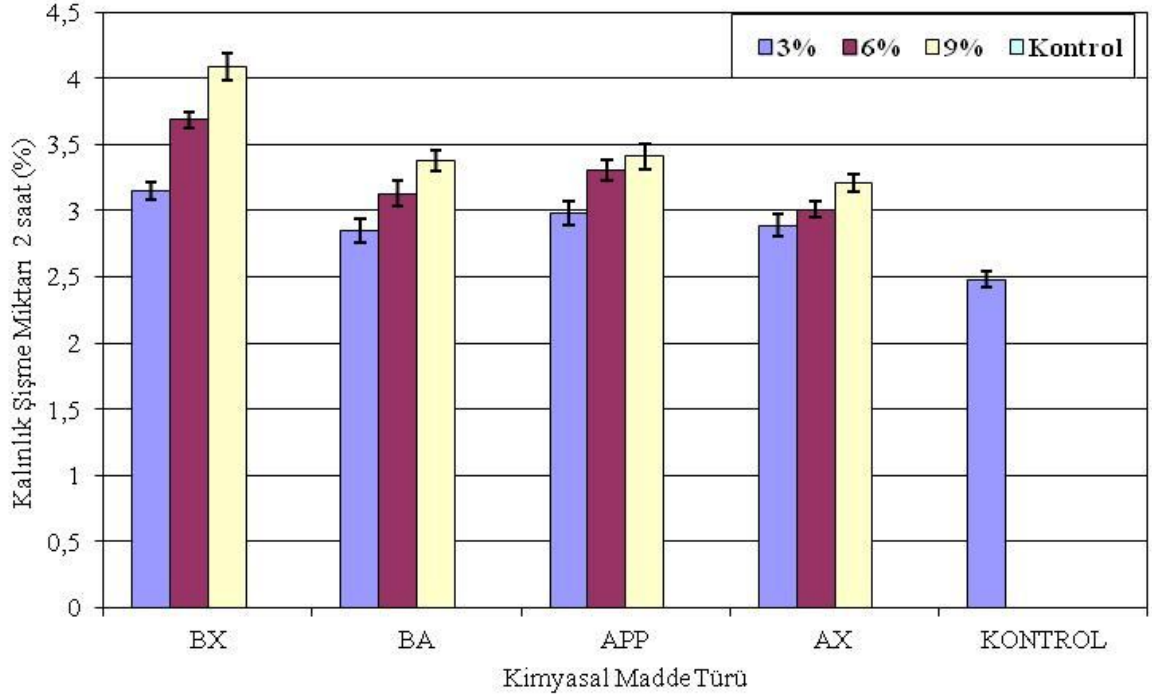
sıcaklığına, ıslatma değerine ve gördüğü işleme göre değişir. Yumuşak odundan yapılan lif levhalar fazla boşluk içerdiklerinden daha fazla su emerler. Su alma üzerine örnek büyüklüğü, yatay ya da dikey konumda konması azda olsa etkili olmaktadır. Levhaların pres sıcaklığı ve basıncıda su alma üzerinde azaltıcı bir etki yapmaktadır (Kolman ve ark., 1975). HDF levhaların üzerinin laminat ile kaplı olmasından dolayı su alma miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Laminat ile kaplanmamış HDF levhalarda su alma miktarı %20 civarında olmaktadır.

Yer döşemesi laminatında; yüksek polimer içeriğinin olması, astar ve üst katman kullanılması mekaniksel dayanımıyla birlikte yüksek sıcaklık ve neme karşı dayanımı da arttırmaktadır (Prasad ve ark., 1999). Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin higroskopik özellik taşımaları nedeni ile muamele edilmiş deneme levhalarının su alma oranının artması literatüre uygunluk göstermiştir. Konsantrasyon oranının artması ile bağ yapmayan kimyasal maddeler lif-lif bağlanmasını olumsuz etkileyerek yüzeylerde toplanması ile rutubetin daha fazla çekilmesine neden olmaktadır (Cremonini ve ark., 1996).

HDF yüzeylerinin kaplı olması sebebi ile bu sadece kalınlık kenar kısımlarında meydana gelmiştir. Konsantrasyon oranının artması ile bu kalınlık kenar kısımlarında artış olmakta ve kontrol örneğine kıyasla su alma miktarı artmaktadır. Bu özelliğin azaltılması için laminat parke endüstrisinde üretilen parkelerin ambalajlanmasından hemen önceki safhada kenarlarına parafin sürülmektedir. HDF levhalarının yoğunluklarının etkisi de önemli olmaktadır. Çünkü yoğunluğunun yüksek olması liflerin birbirine daha sıkı bağlanması sebebiyle lifler arasındaki boşluğu azaltmaktadır. Yüzeylerinin kaplı olması nedeniyle su alma özelliği sınırlı kalmaktadır.

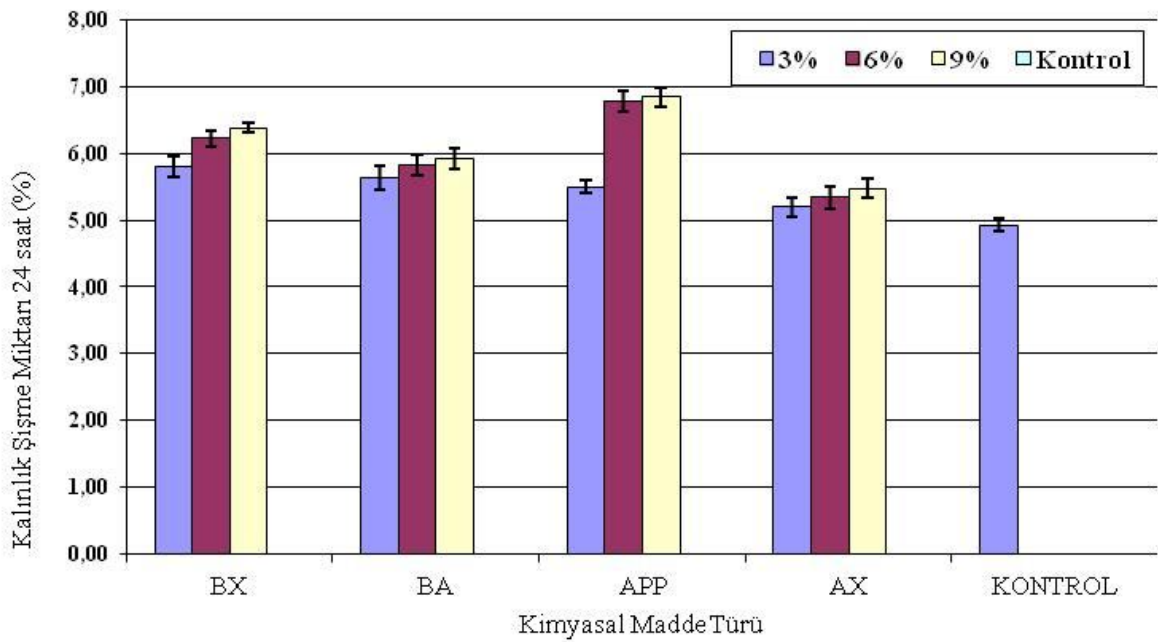
Kalınlık Artışı Miktarı

Yanmayı geciktirici kimyasal madde türünün ve konsantrasyonunun, elde edilmiş deneme levhalarında ve kontrol örneği levhalarında 2 saat sonra kalınlık artışı miktarı üzerindeki etkisi TS EN 317'e göre belirlenmiş ve Şekil 3.10' da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 2 saat sonra kalınlık artışı değerlerindeki değişim

Yanmayı geciktirici kimyasal madde türünün ve konsantrasyonunun, elde edilmiş deneme levhalarında ve kontrol örneği levhalarında 24 saat sonra kalınlık artımı miktarı üzerindeki etkisi TS EN 317' e göre belirlenmiş ve Şekil 3.11' de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının kalınlık artışı 24 saat değerlerindeki değişim

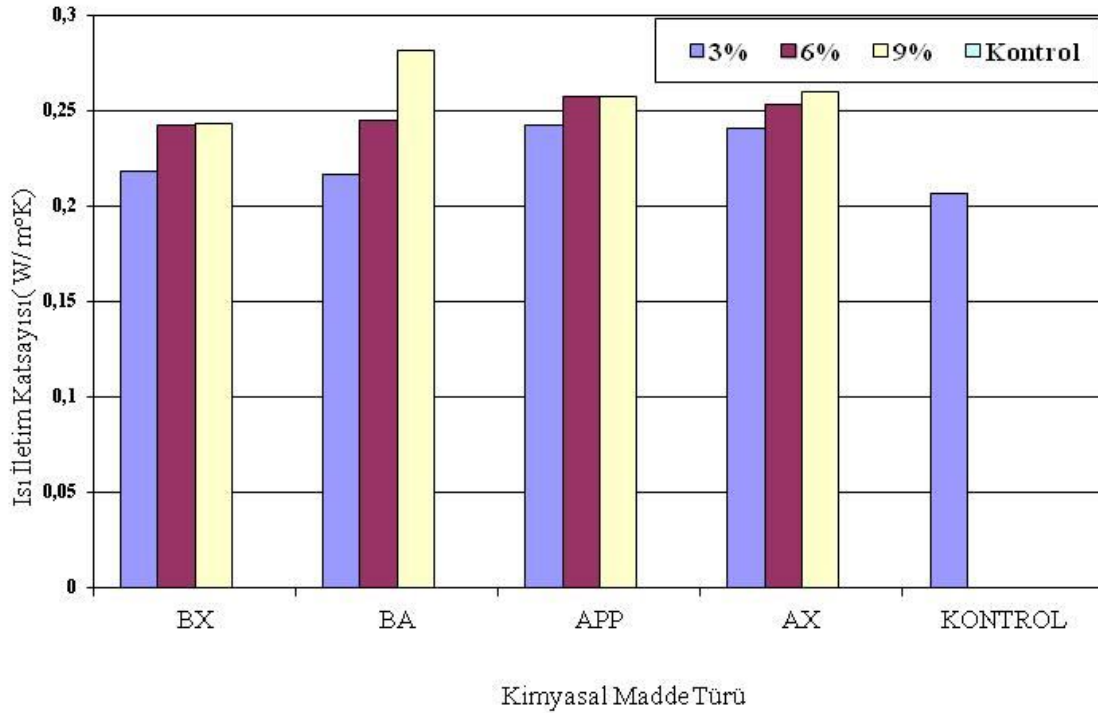
Kontrol grubuna göre, yanmayı geciktirici kimyasalın türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak kalınlık miktarlarında artış görülmektedir. Bu artışta konsantrasyon miktarının artışıyla fazlaştığı da görülmektedir. FR kimyasalları rutubet miktarının değişiminde ki etkileri kısmında da belirtildiği üzere higroskopik özellik gösteren inorganik maddelerdir. Dolayısıyla kalınlık artışı beklenen bir sonuç olarak değerlendirilmektedir. Kalınlık artışı parafin gibi su itici kimyasal maddelerin kullanımı ile azaltılabilmektedir. Laminat parke için kalınlık artışı miktarı \leq %18 olmalıdır.

Deneme levhaları ve kontrol örneğinin 2 saat süre sonunda Çizelge 3.13' de belirtildiği üzere kalınlık artışı değerlerinde deneme levhalarının tamamı kontrol örneği (%2.48) değerinden yüksek çıkmıştır. Çizelge 3.16' da belirtildiği üzere 24 saat süre sonunda ise deneme levhalarının tamamı yine kontrol örneği (%4.93) değerinden yüksek çıkmıştır. Konsantrasyon artışı ile örneklerin kalınlık miktarı artmıştır. 2 saat süre sonunda kalınlık artışı miktarı en fazla %9 boraksta (%4.09) meydana gelirken, 24 saat süre sonunda ise en fazla kalınlık artışı %9 amonyum polifosfatta (%6.85) meydana gelmiştir. Özellikle Amonyum fosfat, diamonyum fosfat ve çalışmamızda da kullanılan polyamonyum fosfat gibi tuzlar yüksek oranda su alıcı özelliğe sahiptir (Yalınkılıç, 2000; Le Van ve Collet, 1989; Baysal ve ark., 2006). Bu nedenle lifler arasına katılan bu FR kimyasalları kalınlığına şişme miktarını konsantrasyon oranına bağlı olarak önemli ölçüde etkilemekte ve artışa sebep olmaktadır. FR kimyasalları lif-lif yapısını olumsuz etkileyip bağ yapamadıkları için yüzeylerde kalıp ortamdaki rutubetin daha kolay çekilmesine neden olmaktadır (Cremonini ve ark., 1996). Levha yapımında parafin kullanılmasının kalınlığına şişme değerlerinde olumlu etkisinin olabileceği, levha yoğunluklarının fazla olması sebebiyle suyun lifler arasına girmesinin zorlaşacağı ve şişme olayının azalmasının da söz konusu olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle laminat parke yapımında paketlemeden önce parke kenarlarına koruyucu amaçla parafin sürülmektedir. Levha yapımında ÜF kullanılmaktadır ve bu tutkal türü ekonomik olmasından dolayı yaygın kullanılmasına rağmen suya dayanımı diğer tutkallara göre daha az olmaktadır (Selbo, 1975). Suda zor çözülen ve çapraz bağ sayısı fazla olan melaminin su itici özelliğinin olması, dolayısıyla ilave edildiği tutkalla üretilen deneme levhalarına da bir ölçüde su iticilik kazandırmaktadır (Selbo, 1975; Crominini, 1997). Cremonini ve arkadaşları (1997) de UF tutkalının su iticiliğini artırmak için melamin ilavesinin oldukça etkili olduğunu bildirmişlerdir. Overlay, dekor ve balans kağıdı yapımında melamin formaldehit kullanılması, az da olsa bu özelliği artırmıştır. HDF levhaların üzerinin laminat ile kaplı olmasından dolayı su alma

miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Laminat kaplanmamış HDF levhalarda kalınlık şişme miktarı suyla temas eden alan yüzeyinin fazla olmasından dolayı çok daha yüksektir. Baysal ve ark. (2005), ahşap esaslı odun polimer kompozitlerinin bazı fiziksel biyolojik mekanik ve yanma özellikleri incelemek için borik asit ve boraks karışımı ile muamele etmişler ve çalışmada borik asit ve boraks karışımı odun polimer kompozit örneklerinin su alma ve kalınlık miktarlarında artışlar olduğunu tespit etmişlerdir.

Isı İletim Katsayısı

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin ısı iletim katsayısı üzerinde etkisinin gösterildiği Çizelge 3.19 incelendiğinde farklı kimyasal madde türüne göre etkili oldukları gibi konsantrasyon miktarına bağlı olarak da farklı etkileri tespit edilmiştir. Isı iletim katsayısı ile ilgili değerler Şekil 3.12’ de verilmiştir.



Şekil 3.12. Yanmayı geciktirici farklı kimyasal madde türleri ve konsantrasyonlarının ısı iletim katsayı değerleri (W/m²K)

Isı iletim katsayısı kontrol örneğinde 0,2065 (W/m²K) iken en yüksek borik asit %9 değerinde 0,2815 (W/m²K) bulunmuştur. Şekil 3.12’ de görüldüğü üzere her yanmayı geciktirici kimyasal madde türünde artan konsantrasyon miktarına bağlı olarak ısı iletkenliği katsayısının da arttığı tespit edilmiştir. Bu artış alfa-x’ de en az seviyede iken borik asitte ise en fazla artış eğilimini göstermiştir.

Yalıtkanlık kabiliyetinin tahmin edilmesinde, kurutma modellerinin geliştirilmesinde, tutkal sertleşme hızının tespitinin belirlenebilmesindeki etkisi sebebiyle endüstriyel işlemler için önemli bir etken olmaktadır. Ayrıca ısı transfer hızının belirlenebilmesinde de önemli bir faktör durumundadır (Gu ve Zink-Sharp, 2005; Sanyal ve ark., 1991).

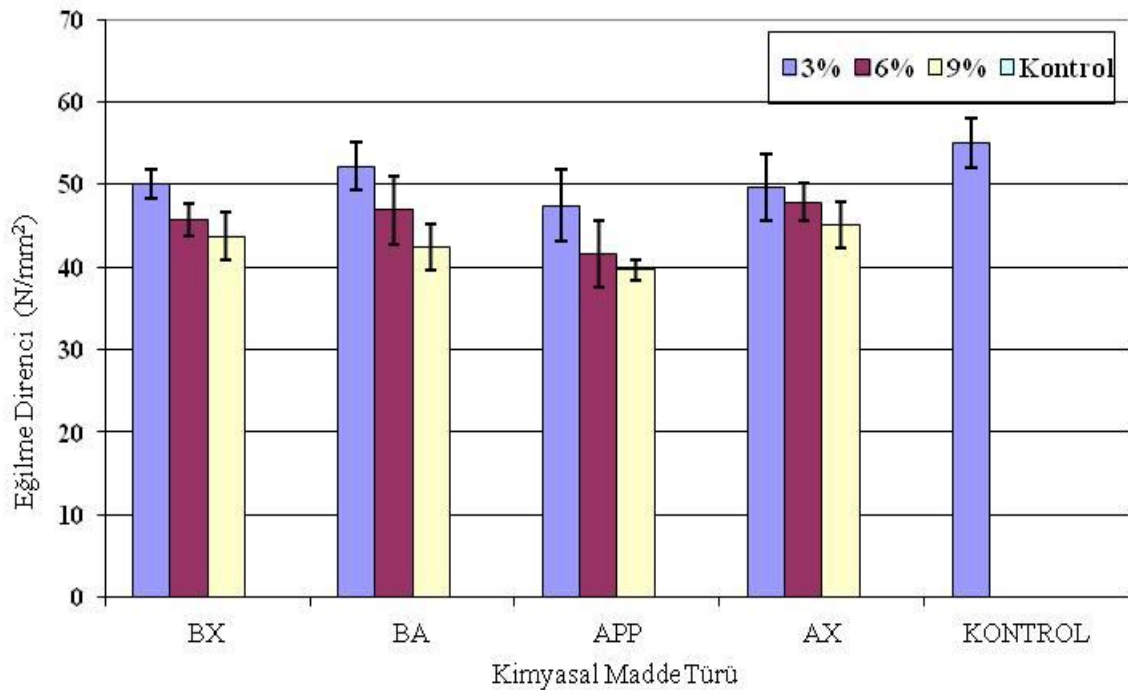
Üretilen ahşap levhalarda ısı iletim katsayısını birçok faktör etkilemektedir. Bu faktörler ağaç türü, aynı ağaçtaki liflerin gidiş yönü, kullanılan bağlayıcı madde türü, ilave edilen katkı ve dolgu maddeleri olmaktadır (Lewis, 1967; Kamke ve Zylkowski, 1989).

Uysal ve arkadaşlarının (2010), basınç ve daldırma metodu uyguladığı, boraks ve borik asit ile farklı boya ve farklı vernik kullanarak yaptıkları üst yüzey işleminde ağaç malzemede borik asit ısı iletkenliği daha fazla boraksın ise daha az olduğu tespit edilmiştir.

3.2.2. Mekanik Özellikler

Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

Deneme levhalarının eğilme direnci değerleri üzerine, yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve konsantrasyonun etkisi TS EN 310'a göre belirlenmiş ve Şekil 3.13' de gösterilmiştir.



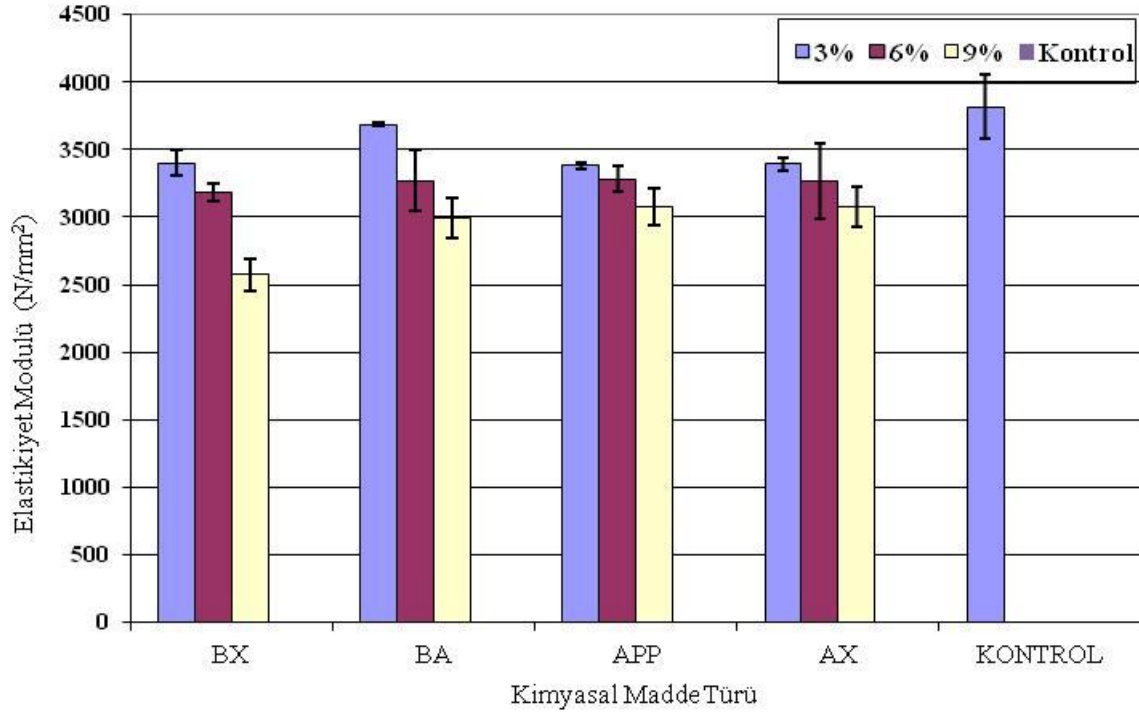
Şekil 3.13. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerindeki değişim

Eğilme direnci ve elastikiyet modülü odun kompozit malzemelerinin kullanım yeri ve yük taşıma özelliklerini belirlemek amacı ile yapılmakta ve yoğunluk ile de doğrudan ilişkili olmaktadır.

Yapılan eğilme direnci test sonuçlarında, kimyasal madde katkılı deneme levhalarının bazılarında konsantrasyona bağlı olarak, kontrol örneklerine göre yakın değerler, bazılarında ise doğrudan eğilme direncini azalttığı görülmüştür. Kimyasal katkılı deneme levhaları konsantrasyon oranının artışına göre eğilme direncini olumsuz etkilemiştir. Çizelge 3.20' de verildiği üzere kontrol örneğine (55.00 N/mm²) göre en fazla olumsuz etkiyi %9 amonyum polifosfat (39.66 N/mm²) yapmıştır. BX alkali karakterde kimyasal maddedir. Alkali karakterdeki maddelerin selülozu şişirici özelliği bulunmaktadır (Hafizoğlu, 1987; Nikitin, 1966; Lindström ve Carlsson, 1978). BX şişmeyi artırıcı özelliğinden dolayı lif yapısına hacimlilik kazandırmalarından ve suda tam olarak çözünmeyip yüzeylerde birikerek lif-lif bağlanmasını olumsuz etkilemesinden dolayı bu değerlerin olduğu düşünülmektedir. Laminat parke için eğilme direnci değeri ≤ 40 N/mm² olmalıdır.

Literatürde FR kimyasallarıyla yapılan çalışmalarda, bu kimyasal maddelerin odun ve odun esaslı levha ürünlerinin direnç özelliklerini düşürdükleri bildirilmiştir. Bunun nedeni ise asidik ve alkali karakterdeki FR kimyasalları, selülozun hidrolizi yoluyla odunun direnç özelliklerini azaltmaktadır (Denizli, 1997; Winandy, 1997; Rowell ve ark. 1984).

Levha yoğunluğunun yüksek olması eğilme direncini olumlu etkilemektedir. Şekil 3.14' de ise elastikiyet modülü değerleri verilmiştir. Lif levhaların mekanik direnci üzerine levha bünyesindeki rutubet miktarı, kullanılan hammadde ve üretim yöntemleri etkili olmaktadır. %8 rutubet miktarına kadar eğilme direncinin bir miktar arttığı, %8–25 arasında ise azaldığı belirlenmiştir. Lif levha kalınlığı eğilme direnci üzerinde etkili olmaktadır. Oduna dayalı kompozit malzemelerin yüzeylerinin kaplanması eğilme dirençlerini önemli miktarda artırmaktadır. Baysal ve arkadaşları (2005), ahşap esaslı odun polimer kompozitlerinin bazı fiziksel biyolojik mekanik ve yanma özellikleri incelemek için borik asit ve boraks karışımı ile muamele etmiştir. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda da olduğu gibi borik asit ve boraks karışımı odun polimer kompozit örneklerinde eğilme direnci ve elastikiyet modülünün azaldığı tespit edilmiştir. Eğilme direncine bağlı olarak bulunan elastikiyet modülü ile ilgili bulguların grafik çizimi Şekil 3.14' de verilmiştir.



Şekil 3.14. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerindeki değişim

Elastikiyet modülü değerlerinde Çizelge 3.23' de belirtildiği üzere kontrol örneğine (3818 N/mm²) göre en fazla olumsuz etkiyi %9 boraks (2524 N/mm²) yapmıştır. Lifler arasındaki kimyasal maddeler artan konsantrasyon oranına da bağlı olarak lif-lif bağ yapısını olumsuz etkilemek suretiyle elastikiyet modülü üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Yonga levhalar üzerinde borlu bileşiklerin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada borik asit, boraks ve çinko borat kullanılmış, düşük oranlardaki kullanımlarda eğilmede elastiklik modülü değerini önemli ölçüde etkilemediği bulunmuştur (Kalaycıoğlu, 2009). Laminat parke için elastikiyet modülü değeri ≥ 2700 N/mm² olmalıdır.

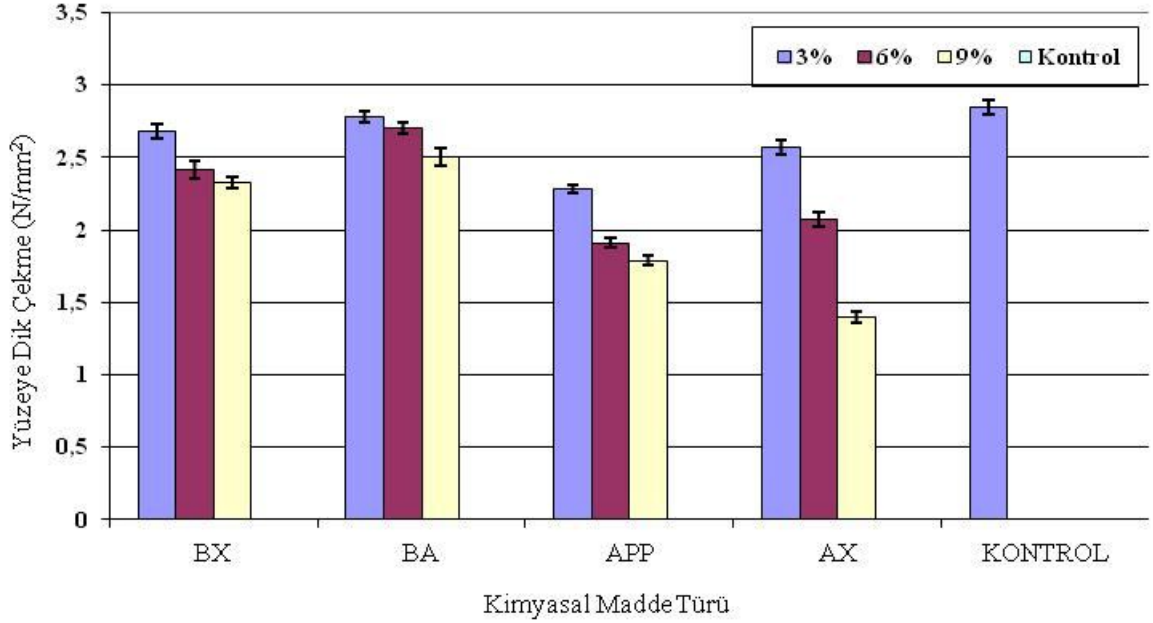
Dönmez ve ark., borik asit ve çinko borat kullanımının çimentolu yonga levha özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, borlu bileşik kullanım oranı arttıkça eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde düşüş olduğunu belirtmişlerdir. Ahşap esaslı levhaların yüzeylerinin kaplanması ile elastikiyet modülünde önemli bir iyileşmenin olduğu belirlenmiştir (Niazi ve ark., 1979).

Yüksek basınç laminatlarının üretiminde, hassas yapışma sıcaklığında elektromagnetik enerji kullanılması, ilk reçine emdirilmiş tabakanın elektromanyetik bileşen ile muamele edilmesi ve mıknatıslarla birleştirme ünitesi uygulanarak tabakalar arasında kuvvetli bağlar oluşturulması laminatın dayanımı arttırılmaktadır (Benton, 2005).

Üretimde kullanılan kağıtların önemi de büyüktür. Çünkü reçine ile homojen olarak muamele edilmemesi laminatın yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Roberts ve Evans, 2005).

Yüze Dik Çekme Direnci

Yüze dik çekme direnci değerleri üzerine kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranlarının etkileri TS EN 319' a göre belirlenmiş ve Şekil 3.15' de gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının yüze dik çekme değerlerindeki değişim

Yüze dik çekme kuvveti değerleri Çizelge 3.26' da belirtildiği üzere kontrol örneği $2.85 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ değerinde iken yanmayı geciktirici kimyasal madde konsantrasyonunun artması ile kontrol örneğine göre azalma eğilimi göstermiştir. Her bir FR kimyasal maddesi için konsantrasyon artışı yüze dik çekme kuvvetinin azalma eğilimi göstermesine neden olmuştur. FR kimyasalları arasında %3 borik asit (2.78 N/mm^2) en az etkilenirken en fazla ise %9 alfa-x (1.40 N/mm^2) olumsuz olarak etkilenmiştir. Laminat parke için yüze dik çekme direnci $\geq 1.20 \text{ N/mm}^2$ olmalıdır.

Yüze dik çekme direnci odun esaslı levhaların üretiminde kullanılan tutkal ve diğer katkı maddelerinin ağaç türü ve borlu bileşiklerle uyumunu, ayrıca levha ürünlerinin iç yapışma mekanizmasını belirleyen bir mekanik özelliktir.

Yapışma direnci üzerine birçok faktör etkili olmakla beraber önemli olanları şunlardır: A-) Ahşaptan kaynaklanan faktörler (kullanılan ahşap malzemenin yapısı yada kullanılan ağaç türü, ahşap malzemenin yüzey yapısı ve yüzey düzgünlüğü), B-) Üretim

yönteminden kaynaklanan faktörler (pres basıncı ve pres süresi), C-) Tutkaldan kaynaklanan faktörler (yayıma oranı, türü, miktarı ve sürme çeşidi) D- Kullanım yerinden kaynaklanan faktörlerdir. Ayrıca emprenyeli ve emprenyesiz ahşap malzemenin yapışma direncini birinci dereceden etkilediği belirlenmiştir (Rowell 2005).

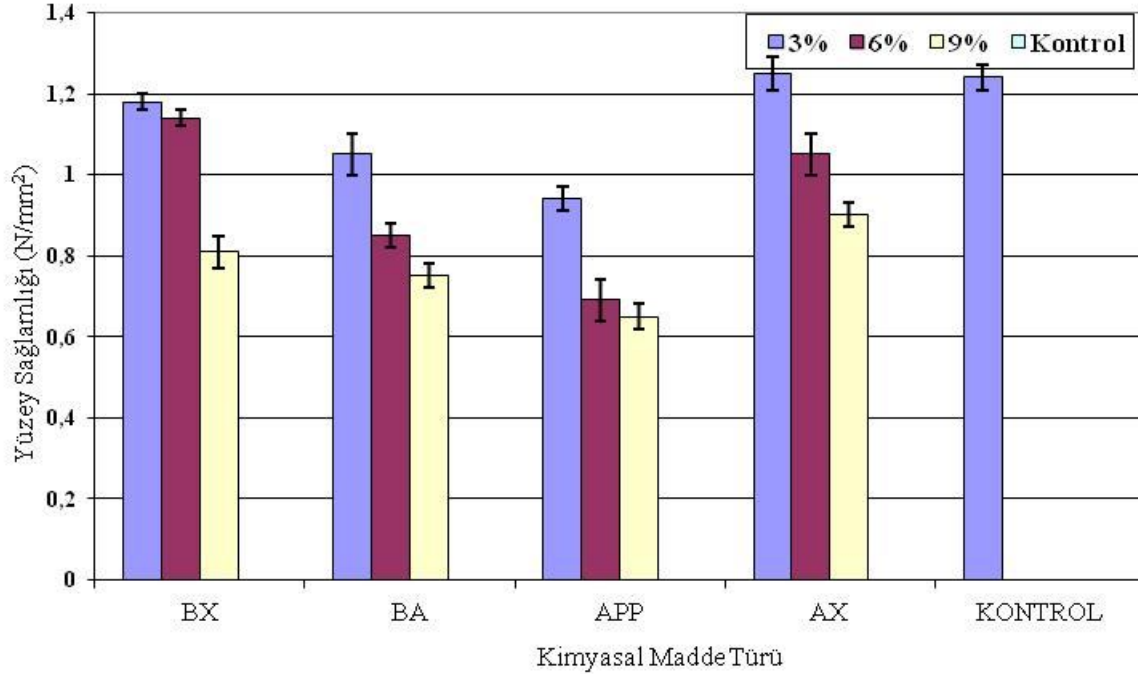
Kimyasal madde türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak yüzeye dik çekme direnci değerlerinin farklı olduğu görülmüştür. Konsantrasyon oranı arttıkça bazı kimyasal maddelerde direnç değerlerinin azaldığı görülürken, bazılarında ise kontrol örneği değerine yakın seyretmiştir. Kontrol örneği değerine göre değerlerin azalma eğilimi gösterdiği ve bununla literatürde belirtildiği üzere; yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin, malzemenin direnç değerlerinde olumsuz etki yaptığı bilinmektedir (Rowell ve ark., 1984; Le Van, 1984; Denizli, 1997; Lebow ve Winandy, 1999). Emprenye maddeleri, tutkal tabakası ve yüzey arasındaki bağları zayıflatarak yapışma direncini düşürmektedir. Yapışma direnci değerlerinin düşük olmasının en büyük nedenlerinden biriside tutkal türüdür. Çünkü tutkal molekülü ve bor iyonlarında bulunan metilol grupları arasındaki etkileşiminden dolayı pres esnasında tutkalın erken sertleşmesi sonucu lif ile tutkalın düzgün yüzey oluşturmamasına neden olmaktadır. Yüksek konsantrasyonda değerlerin düşme eğiliminin nedeni, kimyasal madde lif yüzeylerinde kalarak, lifin tutkalla temasını keserek, tutkallama esnasında bağlanmayı engelleyerek lif yapısında bazı değişimlere ve bozunmalara yol açmasıdır. Emprenye maddesinin ahşap malzeme yüzeyinde yayılması, derinliklerine penetrasyonu ile doğru orantılı olarak etkinliği ve yapışma direncine olan etkisi, değişmektedir. Emprenye maddesi oranı arttıkça yapışma direnci büyük oranda düşecektir. Çünkü odunun hücreleri ve yüzeyde bulunan tutkalın bağ yapabileceği fonksiyonel grupların (karboksil grupları veya hidroksil grupları vb.) sayısı azalacak ve yapışma performansı düşecektir (Ibach, 1999). Çekme direnci değerleri üzerine kimyasal maddenin yapısı ve pH'ı da etkili olmaktadır. Alkali özellik gösteren kimyasallar tutkalın jelleşme süresi üzerine etki etmesi sonucu daha uzun sürede sertleşmesine neden olmaktadır. Alkali yapıdaki emprenye maddelerinin lifleri hidratlandırma ve şişirme özelliğinin, liflerinin esnekliğini artırmış olabileceği ve bu nedenle de çekme direnci değerlerinin olumsuz etkilenmesine neden olacağı düşünülmektedir. Literatürde, alkali özellikteki sulu çözeltilerle emprenye edilen liflerin, asidik özellikteki sulu çözeltilerle muamele edilenlere göre daha kolay bozunduğu belirtilmiştir (Rowell, 2005). Ayrılmış, %50 karaçam,%50 kayın liflerinden elde edilen liflevhaların yapışma direnci üzerine boraks (BX), borik asit (BA), monoamonyumfosfat (MAP), diamamonyumfosfat (DAP) ve

fosforik asidin (PA) etkisini belirlemek için spreyleme şeklinde %2, %4, %6 oranlarında muamele edilmiştir. BX ile muamele edilen örnekler yapışma direnci üzerine en olumlu etkiyi sağlamıştır. Bunu DAP, MAP, BA ve PA izlemiştir. Kimyasal oranının artması ile de azalma görülmüştür (Ayrılmış, 2007). Dönmez ve ark. (2009) borik asit ve çinko borat kullanımının çimentolu yongalevha özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, borlu bileşik kullanım oranı arttıkça yüzeye dik çekme direnci değerlerinde düşüş olduğunu belirtmişlerdir. Kalaycıoğlu ve arkadaşları, borik asit, boraks, çinko borat kimyasallarını kullanarak orta yoğunluklu soymuk levha ve 11 mm. ile 18 mm. kalınlıkta yonga levha elde etmişlerdir. Borik asit, boraks ve çinko borat düşük konsantrasyonlarda odun kompozit malzemelerinde eğilmede elastikiyet modülü değerinin önemli ölçüde etkilenmediğini, borik asit ve boraks 11mm kalınlıktaki yonga levhalar hariç eğilme direnci bakımından tarımbora ve kısmen çinko borata göre daha iyi sonuçlar vermiş olduğunu, yüzeye dik çekme direncinin ise önemli ölçüde etkilenmediğini rapor etmişlerdir (Kalaycıoğlu ve ark., 2009). Melamin ve fenol formaldehit tutkalının kıyaslandığı yapılan bir araştırmada tutkalla birleştirilmiş masif odunda, borlu bileşiklerin yapışma direncinde %8–20 oranında azalmaya sebep olduğu, en fazla azalmanın ise borik asit uygulamalarında meydana geldiği, yapışma direnci için en uygun bor-tutkal ilişkisinin melamin formaldehit-boraks eşleşmesinin olduğu rapor edilmiştir (Özçiftçi, 2006). Barns ve ark., trimetil boratı buhar fazında kullanarak emrenye ettikleri OSB ve MDF levhalarda, bor bileşiğinin yüksek oranlarında OSB levhalarda yapışma direncinde önemli ölçüde azalma görülmüştür. MDF levhalarda ise bir miktar düşüş belirlenmiştir (Barns ve ark., 2006). Yüzeye dik çekme kuvveti üzerine yoğunluk etkili olmaktadır. Liflerin arasında kalan kimyasal maddeler lifler arasındaki bağlanmayı olumsuz etkilediği için yoğunluğun azalması ile yüzeye dik çekme kuvveti olumsuz etkilenmektedir. Aynı şekilde kimyasal madde konsantrasyonunun artışı da aynı sebeple olumsuz etki yapmaktadır.

Var ve ark. (2002), yapmış oldukları çalışmada çeşitli emprenye maddelerinin çözelti halinde yongalara muamele edilmesi ile elde edilen yonga levhalarda çekme direncinin borik asit/boraks ve tanalit-CBC/borik asit/borakslı levhalarda meydana gelen iyileşmenin önemsiz olduğunu ama boraks ve borik asitte ise önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Sebep olarak ise çözeltinin yongaları yumuşatması ile daha fazla tutkal emmeleri ile birlikte yongalara yüklenen tutkal miktarı gösterilmiştir.

Yüzey Sağlamlığı Direnci

Yüzey sağlamlığı direnci değerlerine kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun etkisi TS EN 311' e göre belirlenmiş ve Şekil 3.16' da gösterilmiştir.



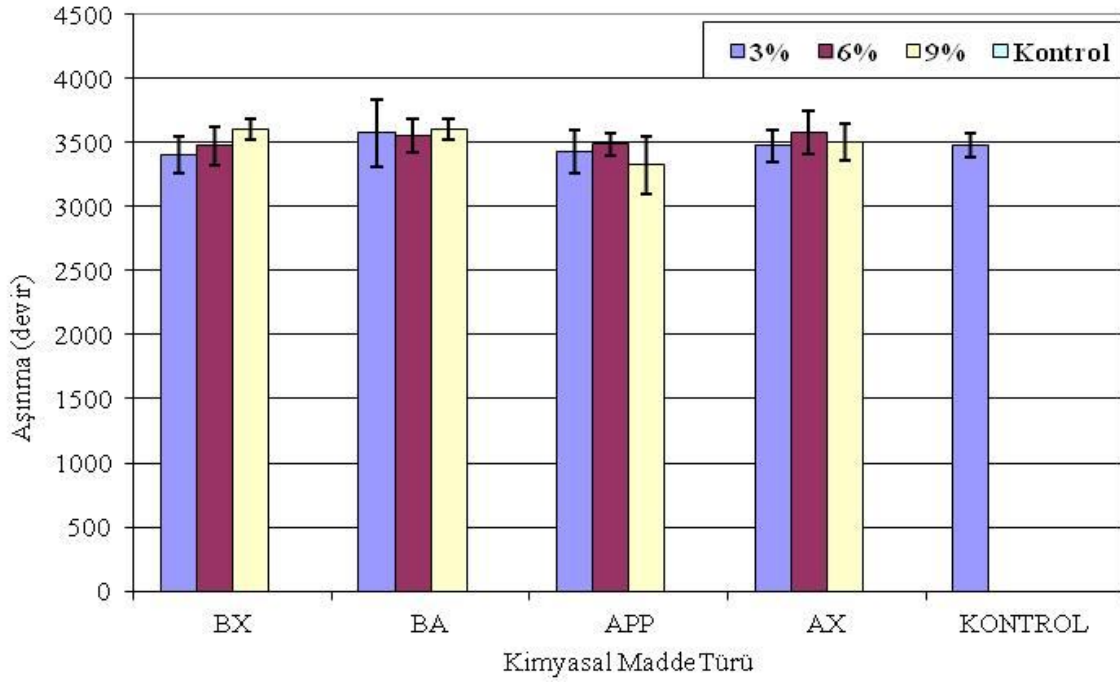
Şekil 3.16. Farklı konsantrasyonlarda, çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının yüzey sağlamlığı değerlerindeki değişim

Kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranına bağlı olarak, Çizelge 3.29' da verildiği üzere kontrol örneği değerine göre direnç değerlerinin azalmış olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni ise yukarıda belirtildiği gibi kimyasal maddenin konsantrasyon oranına bağlı olarak lifin yüzeyinde kalması ve yapışmayı olumsuz etkilemesidir. Şekil 3.16' da görüldüğü üzere kontrol örneği (1.24 N/mm^2) değerine göre kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile elde edilen levhalarda azalma eğilimi görülmüştür. En az olumsuz etki alfa-x (0.90 N/mm^2) ilave edilen levhalarda görülürken amonyum polifosfat (0.65 N/mm^2) ise en çok olumsuz etkilenen FR kimyasallı levha grubu olmuştur. EN 311 standartlarına göre kontrol numune örneği değeri ≥ 1.00 olmasına rağmen, kimyasal maddelerle muamele edilmiş levhalarda ise bu değer azaldığı belirlenmiştir.

3.2.3. Yüzey Kalitesi Özellikleri

Aşınma Direnci Bulgularının Değerlendirilmesi

Aşınma direnci testi 438–2 standartlarına bağlı kalınarak yapılmış olup Şekil 3.17' de ki değerler elde edilmiştir.



Şekil 3.17. Farklı konsantrasyonlarda, çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının aşınma değerlerindeki değişim

Şekil 3.17' ye göre aşınma değerleri, kontrol örneğine (3475 devir) yakın değerler olmakla beraber kimyasal maddenin türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak küçük farklılıklar göstermektedir. Kontrol örneği değerine göre küçük miktarlarda artma ve azalma eğilimi göstermişlerdir. Bu küçük farklılıkların gözleme dayalı bir test olmasından dolayı kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Üretimde kullanılan kağıtların önemi de büyüktür. Çünkü reçine ile homojen olarak muamele edilmemesi laminatın yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Roberts ve Evans, 2005). Aşınma ve çizilme direncinin iyileştirilmesinde overlay tabakasında kullanılan alüminyum oksit etkili olmaktadır

Elde edilen sonuçlar TSE 438–2 standardında belirtilen Çizelge 2.13' de verilen skalaya göre değerlendirildiğinde sonuçlar Çizelge 3.73' de belirtildiği gibi bulunmuştur.

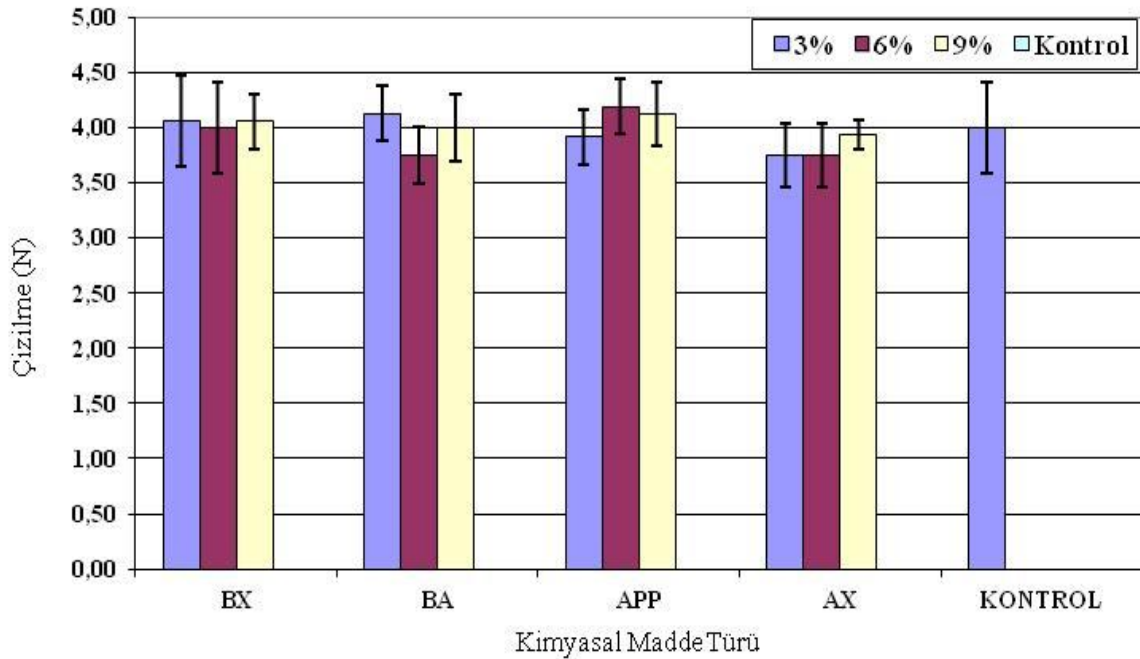
Çizelge 3.73. Farklı konsantrasyonlarda, çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal madde ilave edilerek üretilen deneme levhalarının aşınma değer sınıfı

Kimyasal Madde Türü	Kimyasal Madde Konsantrasyonu		
	3%	6%	9%
BX	AC3	AC3	AC3
BA	AC3	AC3	AC3
APP	AC3	AC3	AC3
AX	AC3	AC3	AC3
KONTROL	AC3		

Kimyasal maddelerle muamele edilen liflerden elde edilen HDF levhalarının yüzeyi, overlay, dekor ve balans kağıtları ile pres edilerek elde edilen laminat parkelerde kimyasal maddelerin aşınma direnci üzerine etkili olmadığı belirlenmiştir. Aşınma direnci sert liflevhalar için çok önemlidir. Levhalar üzerine yapılan üst yüzey işlemleri, yüzeylerin kaplanması, melamin, PVC, poliester gibi reçinelerle kaplanması aşınma dayanımını büyük oranda artırmaktadır. Laminat parkede kullanılan overlay tabakasında bulunan alüminyum oksit aşınma direnci üzerine oldukça etkili olmaktadır. Yüzey kaplama malzemeleri aşınma direnci üzerinde etkili olmuşlardır ve en etkilisi ise rulo laminatı olarak belirlenmiştir. Kağıt gramajı ise etkili olmamıştır (Nemli, 2000). Aşınma direnci üzerine yanmayı geciktirici kimyasal madde ve konsantrasyon oranları etkili olmamıştır.

Çizilme Direnci Bulgularının Değerlendirilmesi

Çizilme testi 438-2 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Elde edilen değerler kontrol numune örneğine göre, kimyasal madde ve konsantrasyon oranına göre Şekil 3.18’ de gösterilmiştir.



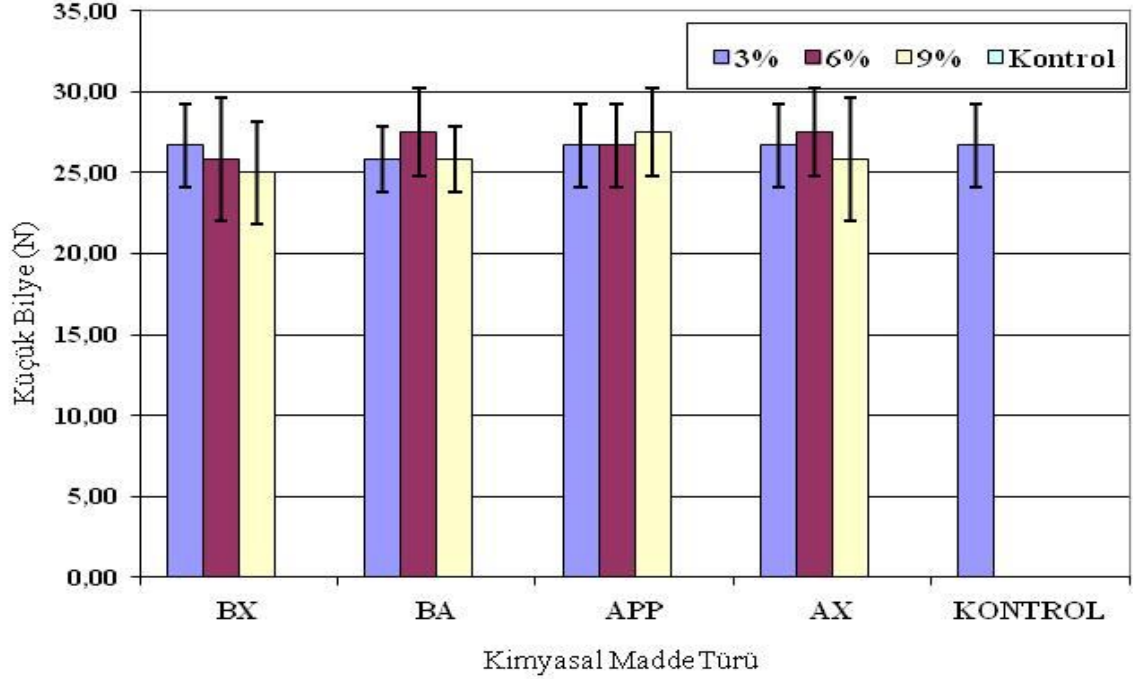
Şekil 3.18. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının çizilme değerlerindeki değişim

Aşınma direncinde olduğu gibi, çizilme değerlerinin de kontrol örneğine çok yakın değerler elde edilmiştir. Çizilme testi EN 438-2 standartlarına göre 3.50 Newton değerine eşit veya daha fazla olmalıdır. Deneme levhaları kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranlarından olumsuz etkilenmemiştir. Değerler kontrol örneği değerlerine çok yakın

bulunmuştur. Çizilme testi değerlerinin kimyasal madde türü ve konsantrasyonu ile ilişkili olmadığı tespit edilmiştir.

Küçük Bilye ve Büyük Bilye Testi Bulgularının Değerlendirilmesi

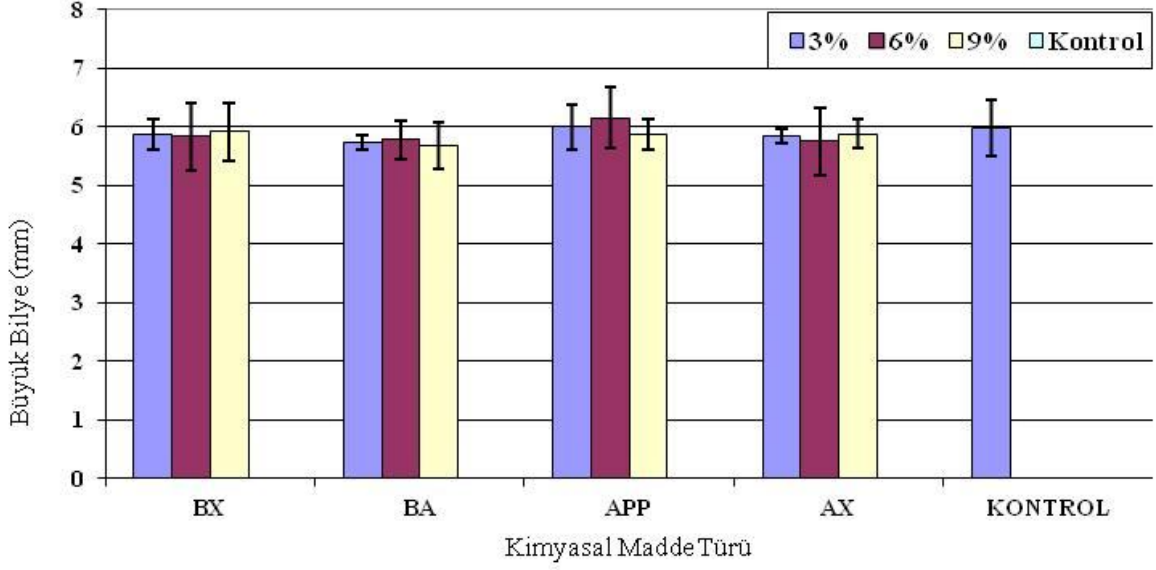
Yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun küçük bilye test değerleri üzerine değişim etki değerleri EN 438–2 göre, Şekil 3.19’ da verilmiştir



Şekil 3.19. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının küçük bilye değerlerindeki değişim

HDF levhalardaki kimyasal madde türlerinin ve konsantrasyon oranlarının küçük bilye test değerlerinde farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Kontrol örneği değerleri ile deneme levhaları değerlerinin hemen hemen aynı değerler olduğu görülmektedir. Şekil 3.19’ da laminat parke küçük bilye test değeri için EN 438–2 de belirtilen ≥ 25 Newton değeri elde edilmiştir. Yüzey kalitesi üzerine en önemli etkiyi kullanılan melamin emdirilmiş kağıtlar yapmaktadır. Laminat parke için büyük bilye değeri en fazla 10 mm çapında olmalıdır.

Şekil 3.20’ de ise büyük bilye test değerleri, kimyasal madde ve konsantrasyon oranlarına göre verilmiştir.



Şekil 3.20. Farklı konsantrasyonlarda, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının büyük bilye değerlerindeki değişim

EN 438–2 standartlarına göre yapılan test sonuçlarına göre kimyasal madde ve konsantrasyon oranlarının büyük bilye testi üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Kontrol örneğine göre lifler ile toz halinde karıştırılan kimyasal maddelerin olumsuz etkisi görülmemiştir.

Standartta verilen etki sınıflandırılmasına göre büyük çaplı bilye ve küçük çaplı bilye darbe dayanımı deneyi sonucunda elde edilen sonuçların kombinasyonuna göre Çizelge 2.14’ de belirtildiği üzere etki sınıfı IC1 olarak belirlenmiştir. Kontrol örneği de IC1 etki derecesine sahip olduğu için yanmayı geciktirici kimyasal maddeler küçük bilye ve büyük bilye darbe dayanımı üzerine etkili olmamışlardır.

Sigara Ateşine Dayanıklılık Testi Bulgularının Değerlendirilmesi

Yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve farklı konsantrasyon oranları ile muamele edilen liflerden elde edilen deneme ve kontrol örneği levhalarında, yüzey kalitesi özelliklerinden sigara ateşine dayanıklılık, su buharı ve pışme testi gözleme dayalı olarak EN 438–2 uygun şekilde yapılmıştır. Sigara ateşine dayanıklılık testinde deney sonucunda deneme örneği yüzeyi etanol ile temizlenmiş ve yüzeyde renk değişikliği, çatlak veya kabarmanın olup olmadığı gözlem sonucunda belirlenmiştir. Elde edilen değerler Çizelge 3.74’ de verilmiştir. Materyal ve metot kısmında sigara ateşine dayanıklılık bölümünde belirtilen skala derecesi 5 olarak belirtilen ‘görünür değişiklik’ yok skala değeri gözlemlenmiştir. Materyal ve metot bölümünde sigara ateşine dayanıklılık bölümü açıklamasında skala dereceleri karşılığı verilmiştir.

Çizelge 3.74. Sigara Ateşine Dayanıklılık Testi Gözlem Sonucu

DENEY NO	YANGIN GECİKTİRİCİ KİMYASAL	KİMYASAL ORANI		SİĞARA ATEŞ. DAYANIK
		LAMİNAT	HDF	STD 438–2 Gözlem Derecesi
1	Kontrol Örneği	%0	%0	5
2	Boraks	%0	%3	5
3	Boraks	%0	%6	5
4	Boraks	%0	%9	5
5	Borik asit	%0	%3	5
6	Borik asit	%0	%6	5
7	Borik asit	%0	%9	5
8	APP	%0	%3	5
9	APP	%0	%6	5
10	APP	%0	%9	5
11	Alfa-x	%0	%3	5
12	Alfa-x	%0	%6	5
13	Alfa-x	%0	%9	5

Su Buharı Testleri

Su Buharı testinde levha yüzeyinde, buhar verilen bölgenin parlaklığının kaybolmadığı ve beyazlamanın da olmadığı gözlemlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 3.75’ de verilmiştir.

Çizelge 3.75. Su Buharına Dayanıklılık Gözlem Sonucu

DENEY NO	YANGIN GECİKTİRİCİ KİMYASAL	KİMYASAL ORANI		SU BUHARINA DAYANIK
		LAMİNAT	HDF	STD 438–2 Gözlem Derecesi
1	Kontrol Örneği	%0	%0	5
2	Boraks	%0	%3	5
3	Boraks	%0	%6	5
4	Boraks	%0	%9	5
5	Borik asit	%0	%3	5
6	Borik asit	%0	%6	5
7	Borik asit	%0	%9	5
8	APP	%0	%3	5
9	APP	%0	%6	5
10	APP	%0	%9	5
11	Alfa-x	%0	%3	5
12	Alfa-x	%0	%6	5
13	Alfa-x	%0	%9	5

Kaynayan suyun buharına EN 432--2 standartlarına uygun şekilde maruz bırakılan deneme ve kontrol örneklerinin laminat kaplı yüzeylerinde herhangi bir bozulma görülmemiş ve metot bölümünde belirtilen su buharına dayanıklılık skala değerindeki 5 gözlem derecesi tespit edilmiştir. Su buharının yüzeyde olumsuz etki bırakmadığı bulunmuştur. Materyal ve metot bölümünde su buharına dayanıklılık bölümü açıklamasında skala dereceleri karşılığı verilmiştir.

Lekelenme Testine Ait Gözlem Değerlendirmeleri

Yapılan lekelenme testi sonucunda elde edilen gözlem sonuçları materyal ve metot kısmında verilen lekelenme testi skala derecelerine göre belirlenmiş ve Çizelge 3.76' da verilmiştir.

Çizelge 3.76. Lekelenme testi gözlem sonucu

DENEY NO	YANGIN GECİKTİRİCİ KİMYASAL	KİMYASAL ORANI		LEKELENME
		LAMİNAT	HDF	STD NO
		STANDART		438-2
				Gözlem Derecesi
1	Kontrol Örneği	%0	%0	5
2	Boraks	%0	%3	5
3	Boraks	%0	%6	5
4	Boraks	%0	%9	5
5	Borik asit	%0	%3	5
6	Borik asit	%0	%6	5
7	Borik asit	%0	%9	5
8	APP	%0	%3	5
9	APP	%0	%6	5
10	APP	%0	%9	5
11	Alfa-x	%0	%3	5
12	Alfa-x	%0	%6	5
13	Alfa-x	%0	%9	5

Lekelenme testi yapıldıktan sonra levhanın yüzeyine dökülen Hidroklorik asit (HCL) silindikten sonra o bölgede herhangi bir kırmızı etki kalmadığı gözlemlenmiştir. Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin lekelenme testi üzerine olumsuz etkisi olmadığı belirlenmiştir. Materyal ve metot bölümünde sigara ateşine dayanıklılık bölümü açıklamasında skala dereceleri karşılığı verilmiştir.

Overlay, Dekor ve Kraft Kağıt İçin Emprenye Şartları

Yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve oranları, overlay, dekor ve balans kağıtları ile muamele edilerek HDF levhalar ile preslenmeye hazırlanmıştır. FR kimyasalları konsantrasyon oranlarına bağlı olarak overlay, dekor ve balans kağıtlarının gramajları da dikkate alınarak belirli oranlarda tutkal, su, sertleştirici ve sadece overlay kağıdı olmak üzere alüminyum oksit ile muamele edilmişlerdir. Hazırlanan bu emprenyeli kağıtlar HDF levha üzerine emprenyesiz kağıtların yapışma şartlarına uygun olarak preslenmiştir.

Emprenye edilen overlay, dekor ve balans kağıtları HDF levha üzerine preslenmiş ama hem presleme sonucunda beklenen yapışma gerçekleşmemiş hem de yapışmanın gerçekleştiği levhalarda ise istenen yüzey kalitesine ulaşamamıştır. Yapışmanın istenilen kalitede olmamasının nedeni olarak tutkal ile bor bileşiklerinin uyumlu olmamasından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. Ustaömer (2008) yapmış olduğu çalışmada MDF levha üzerine bor bileşikleri ve farklı yanmayı geciktirici kimyasallar ile muamele edilmiş kağıtların preslenmesinde yüzey kalitesini olumsuz etkilediklerini bildirmişlerdir.

3.2.4. Yanma Mukavemet Testleri

Yanma mukavemet testleri ASTM E 69 standardına uygun şekilde alev kaynağı açıkken her 30 sn de ölçüm yapılmış ve 4. dakika sonunda alev kaynaklı yanma (AKY) değerleri, belirlenmiştir. Alev kaynağı kapatılmış ve yanma 10. dakikaya kadar devam ettirilmiş ve her 30 sn' de ölçüm yapılmak suretiyle kendi kendine yanma (KKY) değerleri belirlenmiştir. İkinci bir yöntem olarak ise Termogravimetrik Analiz (TGA) yöntemi ile yanma performansları değerlendirilmiştir. Yanma mukavemet test yöntemleri:

A- ASTM E 69

B- Termogravimetrik Analiz (TGA)

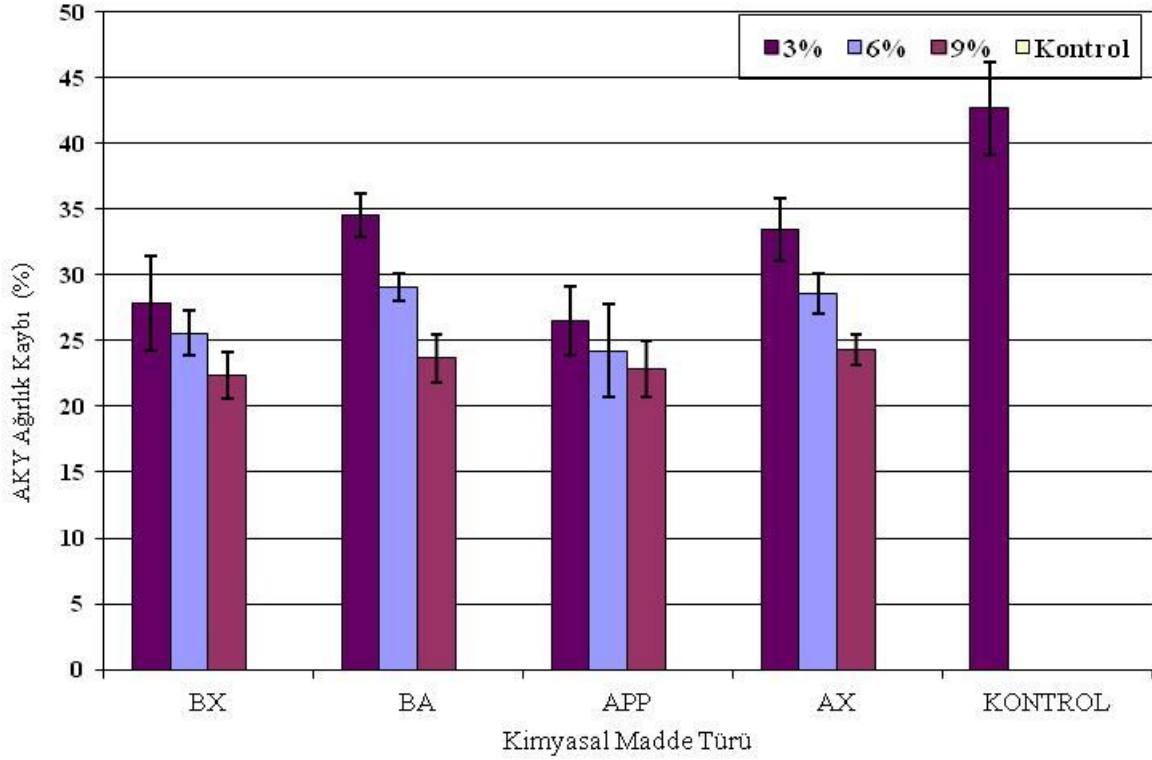
A- ASTM E 69 Standardına Göre Yanma Mukavemet Testi

1- Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

A- Alev Kaynaklı Yanma Sonucunda Ağırlık Kaybının Değerlendirilmesi

Yanma mukavemetini artırmak için kullanılan farklı kimyasal maddeler ve farklı konsantrasyonlarının deneme levhalar üzerindeki ağırlık kaybı (%) ve sıcaklık (°C), değişim değerleri Çizelge 3.39' da verilmiştir. AKY sonucunda elde edilen ağırlık

kayıplarının birbiri ile karşılaştırılmalı olarak gösterilmesi ise aşağıda Şekil 3.21’ de verilmiştir.



Şekil 3.21. Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin farklı oranları kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait AKY’ da ki ortalama ağırlık kaybı değerleri

Şekil 3.21 incelendiğinde kimyasal madde türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak AKY’ da ki ağırlık kaybının değişiklik gösterdiği görülmektedir. AKY sonucunda en fazla ağırlık kaybının kontrol grubunda olduğu (%42.64), kimyasal madde gruplarının da ağırlık kaybına uğradığı görülmektedir. Kimyasal madde gruplarında konsantrasyon artışı ile birlikte ağırlık kaybı azalmaktadır. Emprenye maddelerine göre en az yanma miktarını boraks (%22.38) göstermiştir. Burada boraksın ergime derecesinin (741°C) yüksek oluşu yanma sırasında ergimesinin geç olması nedeniyle yanma hızını düşürmüş olabilir. Borik asidin ergime derecesinin (171°C) olması ve asidik özelliğe sahip olması nedeniyle yanmada boraks kadar etkili olamamıştır. En fazla ağırlık kaybı ise %3 borik asit (%34.12) kimyasalında tespit edilmiştir.

Meydana gelen bu ağırlık kaybı miktarı kimyasal maddelerin yapısına bağlı olmakla beraber farklı nedenlerden dolayı da olabilir. FR kimyasalları yapısal özelliği dolayısıyla polimerizasyon ve dehidrasyon reaksiyonlarını katalizleyerek piroliz sıcaklığını düşürmekte, kömürleşme miktarını artırmakta ve tutuşabilen uçucu gazların miktarını azaltarak yanma mekanizmasını değiştirmektedir (Holmes, 1974; Vick, 1994; Stevens,

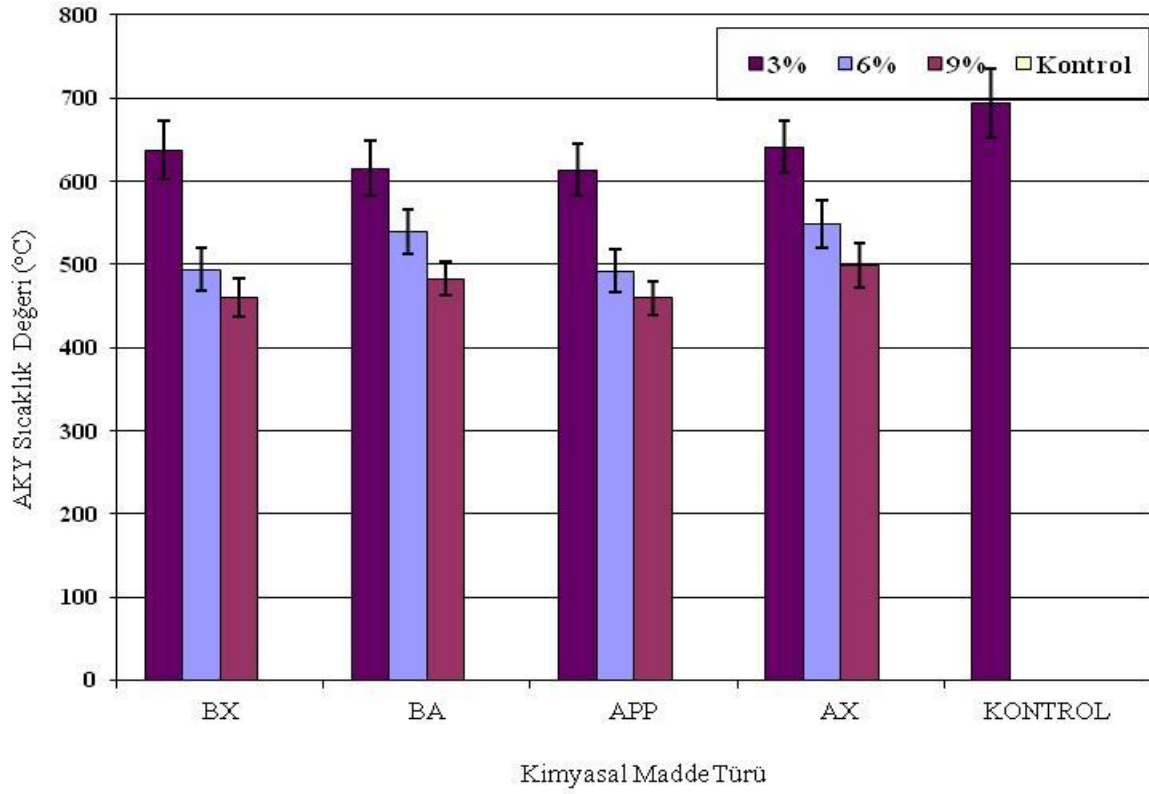
2006; Le Van, 1989). Ayrıca levha üretimi sırasındaki üretim şartları da yanma dayanımı üzerine etki etmektedir. Pres basıncı ve sıcaklık, kimyasal maddenin levha yüzeyindeki konsantrasyon miktarını ve levha yoğunluğunu etkilemektedir. Artan yoğunluğa bağlı olarak kömürleşme artmakta ve alevin penetrasyonu ile yayılımı da azalmaktadır (Getto ve Ishihara, 1998; White ve Nordheim, 1992).

Boraks alev yayılmasını azaltırken kendi kendine yanma ve kor halinde yanma özelliği taşımaktadır. Borik asit ise kendi kendine yanmayı önlerken alev yayılmasında boraks kadar etkili olamamaktadır. Bu yüzden bu bileşikler normalde beraber kullanıldıklarında etkinlikleri artmaktadır (Yalınkılıç ve ark., 1996c).

Çolak (2002), borik asit ve boraks kimyasallarını kaplamada kullanarak yaptığı çalışmada, borik asidin ağırlık kaybı üzerinde daha etkili olduğunu belirtmiştir. Literatürde asidik karakterdeki kimyasalların daha etkili olmasının sebebi olarak asidik karakterdeki tuzların yanma esnasında asit ayrışmasına uğrayarak, oluşan uçucu gazların oranını düşürdüğü ve kömürleşme miktarını artırdığı belirtilmektedir (Vick, 1994; Stevens, 2006; Ayrılmış, 2007a). Konsantrasyon oranının artması ile birim lif başına düşen FR kimyasal madde oranı artmaktadır. Lifler arasındaki kimyasal maddeler presleme esnasında yüzeyde tabaka oluşturmakta alevle direk temas esnasında tutuşmayı geciktirici gazların oluşumuna sebep olmakta ve yanmaya karşı daha fazla direnç oluşturmaktadır. Laminat parke yapımında HDF yüzeyinde kullanılan overlay, dekor ve balans kağıdında kullanılan melamin formaldehit tutkalı da yanmayı geciktirmektedir. Melaminin yanmayı geciktirici etkisinin olduğu bilinmektedir. Melamin aleve ve ısıya maruz kaldığı esnada dekompoze olmakta, ortamdaki ısıyı absorbe etmesi ile soğumaya neden olmaktadır. Azot salıvermek suretiyle alevin sönmesini sağlayıcı etki göstermektedir. Kondenze fazdaki melamin çapraz bağ yapısına dönerek kömürleşmeyi artırmak suretiyle ağırlık kaybının azalmasını sağlamaktadır (Vick, 1994; Alexiou ve ark., 1986).

B– AKY’ da Sıcaklık Değerinin İrdelenmesi

Yanmayı geciktirici özellikteki kimyasal madde türü ve konsantrasyonun yanma esnasındaki sıcaklık değerleri üzerine olan etkisi Çizelge 3.39’ da verilmiştir. Şekil 3.22’ de ise kimyasal madde türü ve konsantrasyonlarının karşılaştırılmalı ilişkisi gösterilmiştir. Borik asit ve boratlar selülozik maddelere, ateşe karşı dayanıklılık sağlarlar. Tutuşma sıcaklığına gelmeden selülozdaki su moleküllerini uzaklaştırırlar ve oluşan kömürün yüzeyini kaplayarak daha ileri bir yanmayı engellerler (URL, 2007).



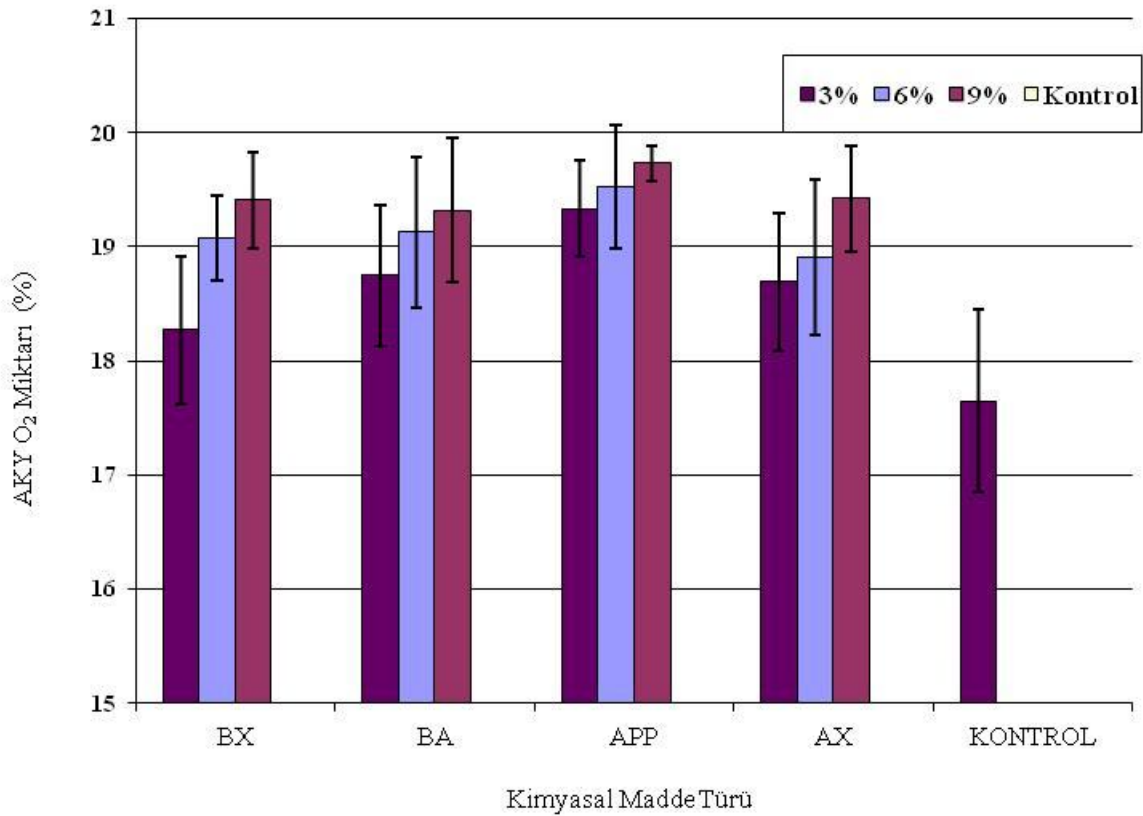
Şekil 3.22. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerindeki değişim

Şekil 3.22’ de görüldüğü üzere kimyasal madde türü ve konsantrasyonu sıcaklık değerleri üzerinde etkili olmuştur. Kontrol örneği levhalarda belirlenen sıcaklık değerlerine nazaran kimyasal madde içeren deneme levhalarının sıcaklık değerleri daha düşük elde edilmiştir. Konsantrasyonun artması ile de tüm kimyasal maddelerde sıcaklık düşüşünün olduğu belirlenmiştir. En yüksek sıcaklık değeri %3 alfa-x (641.1 °C) elde edilirken en düşük sıcaklık değeri ise yine %9 amonyum polifosfat (459.5 °C) da tespit edilmiştir. Bu düşüşün sebebi kimyasal maddelerin yanma mukavemetine olan olumlu etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu etki yanmayı geciktirici FR kimyasallarının yanma esnasında uçucu gazların oluşumunu engellemesi ve kömürleşme etkisi yapması sonucudur. Tüm FR amaçlı kimyasal maddelerin tutuşma sıcaklığını azaltıcı etkisinin olduğu bilinmektedir. Borik asit ve boraks gibi suda çözünen kimyasal maddelerin yanma esnasında tutuşmayı önleyici gaz ve eriyik oluşturdukları belirtilmektedir (Var, 2000; Barns ve Amburgey, 1993). Konsantrasyon artışı ile kimyasal maddelerin daha etkili olmasının sebebi artan kimyasal madde miktarına bağlı olarak etkinliğinin de hızla artmasından kaynaklanmaktadır. HDF levhasını kaplayan overlay, dekor ve balans kağıdının melamin içermesi de sıcaklık düşüşüne neden olabilir. Melamin tutuşmayı

önleyici amonyak gibi gazlar meydana getirerek ortamdaki ısıyı absorbe etme yoluyla sıcaklık değerinin düşmesine neden olabilmektedir. Melamin AKY sıcaklık değeri üzerinde etkili olmaktadır.

C– AKY’ da (%) O₂ Miktarının Değerlendirilmesi

Kimyasal madde türü ve konsantrasyonun AKY’ da O₂ miktarı üzerine etkisi değerleri Çizelge 3.44’ de verilmiştir. Kimyasal madde türü ve konsantrasyonu için değerler arasında farklılık olduğu görülmektedir. Kimyasal madde türü ve konsantrasyonlarının ilişkisi Şekil 3.23’ de verilmiştir.



Şekil 3.23. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O₂ değerlerindeki değişim

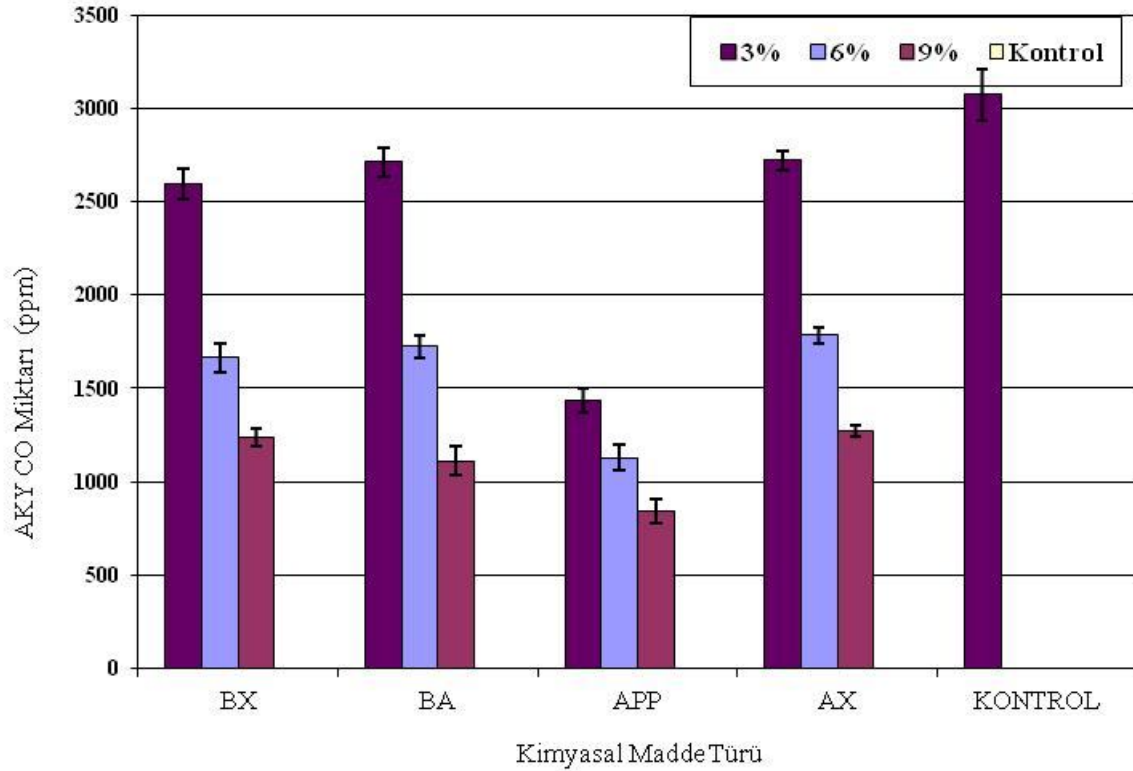
Şekil 3.23’ de görüldüğü üzere kontrol grubu deneme levhaları değerinin (%17.65), kimyasal madde içerikli deneme levhaları değerlerinden daha düşük olduğu bulunmuştur. Kimyasal maddelerin konsantrasyon artışı ile birlikte O₂ miktarının da arttığı görülmektedir. O₂ miktarının her kimyasal madde türü için en fazla, en yüksek konsantrasyon olan %9 oranında olduğu tespit edilmiştir. Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler yanma mekanizması üzerinde etkili olarak, yanma dayanımını artırmakta, FR kimyasallarının etkisiyle yanmazlık özelliği gelişen levhalar ortamdaki gazların oranının değiştirerek O₂ miktarının artmasını sağlamaktadırlar.

Uysal ve Kurt (2005) yaptıkları çalışmada borik asit, boraks ve borik asit-boraks karışımını kullanarak emprenye ettikleri örneklerin O₂ değerlerinin kontrol örneğinden daha fazla olduklarını belirlemişlerdir.

Melamin ısı ve alev yayılmasını engelleyici yapısal özelliğe sahip olup, ortama azot salıvererek yangının sönmesine katkıda bulunmaktadır. Melamin zehirli gazların etkinliğini azaltarak O₂ miktarının artmasını sağlamaktadır. Ortamdaki O₂ miktarının fazla olması yanma hızının düştüğü anlamına gelmektedir.

D- AKY' da CO Miktarının Değerlendirilmesi

Kimyasal madde türü ve konsantrasyonun AKY' da ki CO değerleri Çizelge 3.44' de verilmiştir. Kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranlarının ortalama değişim miktarları Şekil 3.24' de verilmiştir.



Şekil 3.24. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerindeki değişim

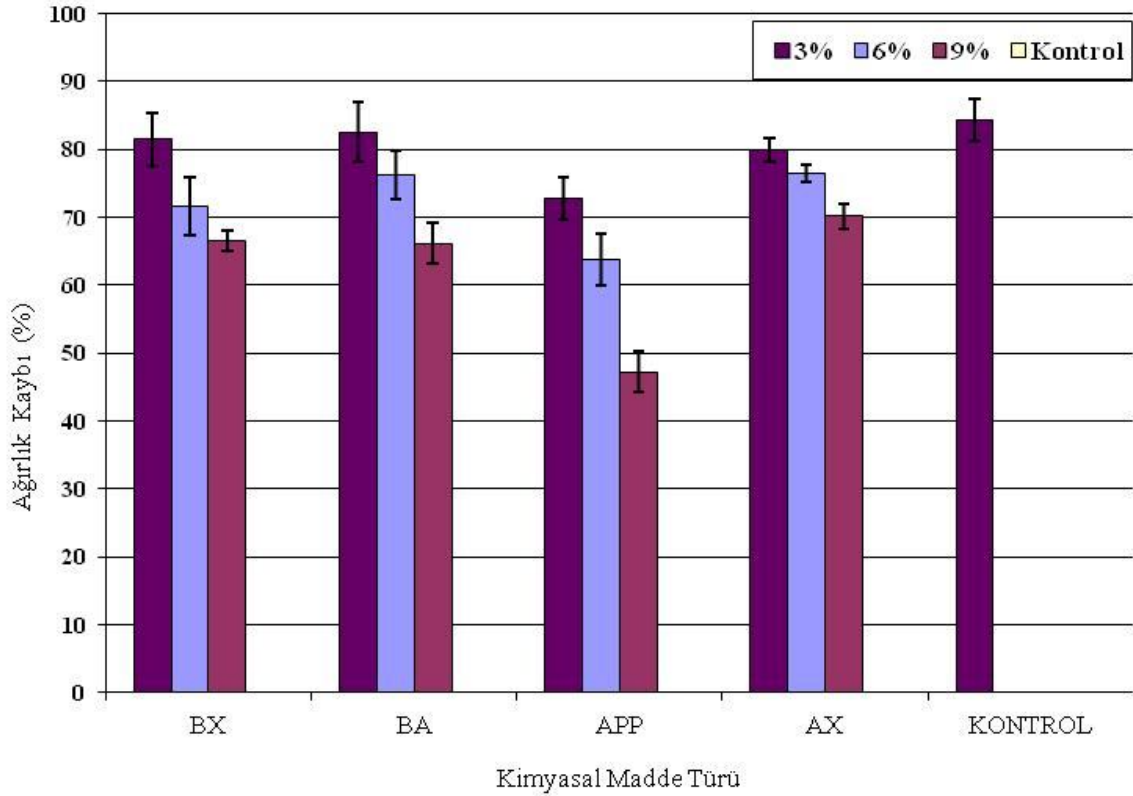
Şekil 3.24' de görüldüğü gibi kimyasal madde türü ve konsantrasyonu AKY' daki CO miktarları üzerinde etkili olmuştur. Kontrol grubu deney örneklerine (3075 ppm) göre kimyasal maddelerle muamele edilmiş deney örneklerinin daha düşük CO miktarı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Kimyasal maddelerin konsantrasyonlarının artması ile CO değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Yanmayı azaltıcı etkiye sahip kimyasal yapısı

olan FR kimyasalları ortamda istenmeyen gaz oluşumunu düşük seviyede tutabilmektedirler. Dolayısı ile yanmayı da azaltmaktadırlar. Laminat parke yüzeyinde bulunan overlay, dekor ve balans kâğıtlarının içerdiği melaminde azot salıverdiği ortamın oluşturduğu bozunma ürünü zehirli gazların oranını küçük miktarda etkileyerek olumlu etki yaptığı düşünülmektedir.

2 - Kendi Kendine Yanma (KKY)

A- KKY Sonucunda Ağırlık Kaybı Miktarlarının Değerlendirilmesi

KKY esnasında meydana gelen ağırlık kaybı değerleri üzerine kimyasal madde türü ve konsantrasyonun etki değerleri Çizelge 3.49’ da verilmiş ve aşağıda Şekil 3.25’de aralarında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 3.25. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim

Şekil 3.25 incelendiğinde KKY’ da ki ağırlık kaybının en fazla kontrol örneğinde (%84.27) olduğu görülmektedir. Kimyasal madde ilaveli deneme levhalarında ise kontrol örneğine kıyasla ağırlık kaybında bir düşüş olduğu ve bu düşüşün her kimyasal madde için en yüksek konsantrasyonda meydana geldiği görülmektedir. Kimyasal madde ilaveli deneme levhalarında yanma süresi daha uzun olmaktadır. Kontrol levhaları ise kimyasal

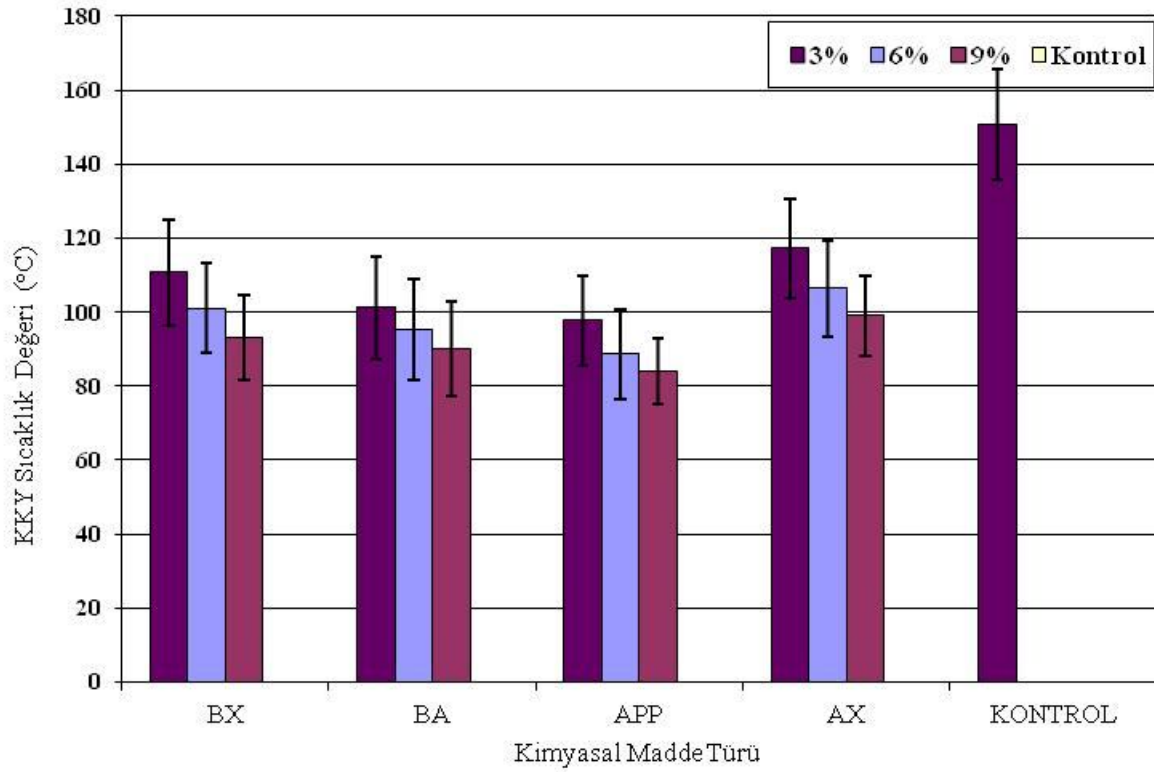
madde içermediği için daha çabuk ve hızlı bir şekilde yanmakta, kömürleşme olmadığı içinde kül haline dönüşmekte ve ağırlık kaybı daha fazla olmaktadır. Kimyasal maddeler levha üzerinde bariyer etkisi yapmakta veya yanma etkisini azaltıcı gazlar salıvermek suretiyle yanmanın etkinliğini azaltmakta ve ağırlık kaybı miktarını olumlu şekilde etkilemektedirler. Deneme levhalarındaki kömürleşme miktarı arttıkça bariyer etkisi göstermekte ve yanma olayını azaltmaktadır (Holmes, 1974; Vick, 1994; White ve Nordheim, 1992).

Şekil 3.25 incelendiğinde kimyasal madde oranındaki artışa bağlı olarak ağırlık kaybındaki azalmanın tüm kimyasal maddeler için geçerli olduğu görülmektedir. Kimyasal madde konsantrasyonunun artması ile özellikle amonyum polifosfatın %9 oranında muamele edildiği deneme levhalarında önemli bir ağırlık kaybı azalması meydana gelmiştir. Konsantrasyon miktarının artması ile birlikte liflerin arasına giren kimyasal madde miktarı artmaktadır. Bu da yüzeye yakın veya yüzeyde biriktiği için koruyucu bir tabaka meydana getirmek suretiyle levhaların yanma hızını düşürmekte, yanmaya karşı dayanım süresini artırmaktadır. Borlu bileşikler ve fosforlu bileşikler odunun piroliz sıcaklığını düşürerek kömürleşme miktarını artırmaktadır (Ellis ve ark., 1987; Stewens, 2006). Çünkü fosforlu bileşikler ısı etkisi ile amonyak gazı oluşturmak suretiyle yanıcı gazların yoğunluğunu düşürmektedir. Ayrıca serbest mineral asitleri odunun kömürleşmesini hızlandırmaktadır.

Deneme levhalarının üzerindeki overlay, dekor ve balans kâğıtlarının da melamin içeriyor olmasının yanma üzerine olumlu etkisinin olduğu düşünülmektedir. Çünkü melamin ısı toleransı yüksek yanmaya karşı dayanıklı sentetik bir polimer olması sebebiyle ısı ve aleve maruz kaldığında dekompoze olarak ısıyı absorplayarak soğutucu etki oluşturmaktadır. Ortama azot salıvererek yanmaya karşı direnç özelliklerini iyileştirme özelliğine sahiptir. Melaminin kristal halde kullanılması yangına maruz kalan malzemelerde kömürleşme etkisini artırdığı ve yangın esnasında da zaman kazandırma adına önemli bir etki yaptığı bilinmektedir (Le Van ve Winandy; 1990).

B- KKY' da Sıcaklık Değerlerinin İrdelenmesi

KKY esnasındaki sıcaklık değişimleri üzerine kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının etki değerleri Çizelge 3.49' da verilmiş ve aralarındaki ilişki ise Şekil 3.26' da belirtilmiştir.



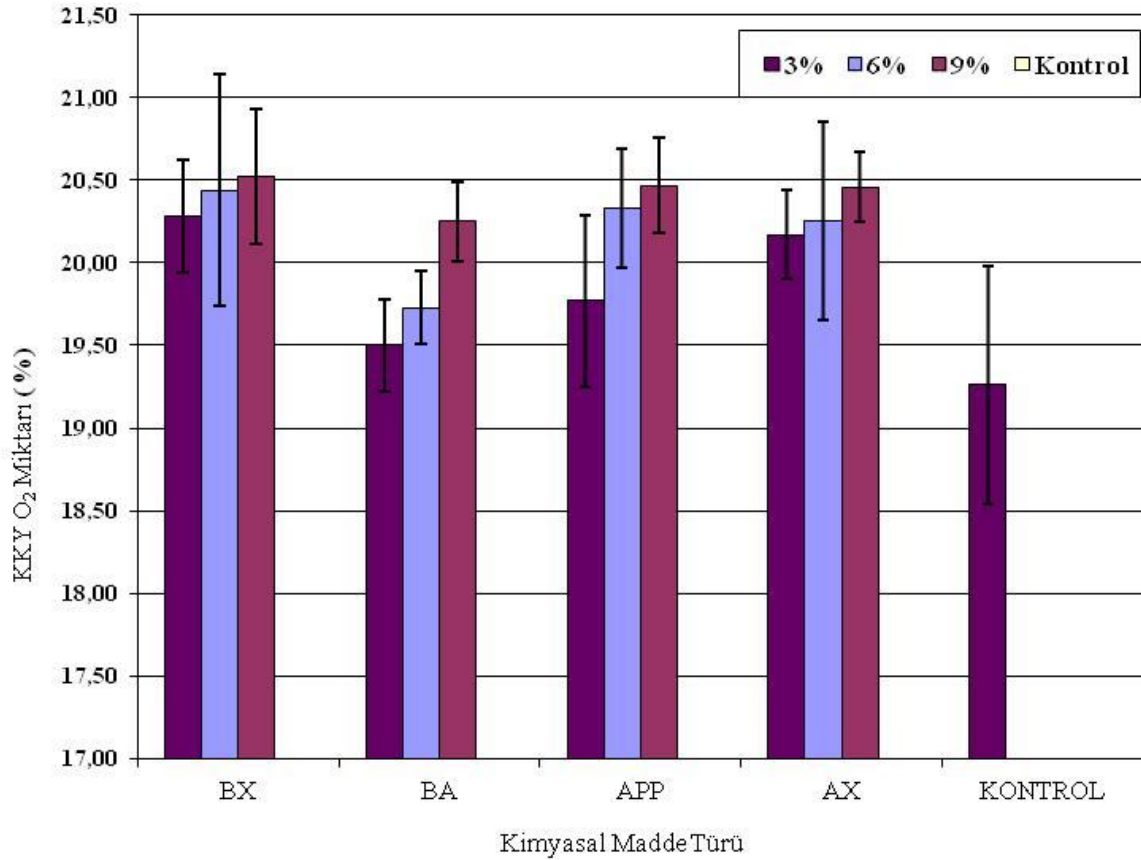
Şekil 3.26. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerindeki değişim

Şekil 3.26' da görüldüğü üzere tüm kimyasal maddeler ve konsantrasyonlarına bağlı olarak sıcaklık değerlerinin değişime uğradığı görülmektedir. Kontrol örneğinin değerine (150.9 °C) göre kimyasal madde ile muamele edilmiş levhaların sıcaklık değerinin daha düşük olduğu bulunmuştur. Borlu ve fosforlu bileşikler tutuşmayı geciktirici amonyak ve azot gibi gazlar veya eriyikler oluşturarak, ortamdaki ısıyı absorbe etme özelliğine sahiptir (White ve Dietenberger, 2001). Bu yüzden kullanılan kimyasal maddelerin etkinliğinin sonucu olarak sıcaklık değerlerinin düşmesi olağan bir durum olarak kabul edilmiştir. Kimyasal madde konsantrasyonunun artmasına paralel olarak etkinliği de artmıştır. Dolayısıyla konsantrasyonun artması ile sıcaklık değerlerinde düşme eğilimi görülmüştür. Liflerin arasına karıştırılan kimyasal maddeler yüzey kısımlarında aleve karşı daha çabuk etki göstermekte, bariyer tabakası oluşturarak sıcaklığı izole edici engelleyici bir özellik sergilemektedir.

HDF üzerinde bulunan overlay, dekor ve balans kâğıtlarındaki melaminin de sıcaklık değeri üzerine etkisi bulunmaktadır. Çünkü melamin çapraz bağ oluşumuyla ve amonyak gazı salıvermek suretiyle yanmayı azaltıcı etki sağlamaktadır. Bu da sıcaklık değeri üzerine olumlu etki ederek düşmesine neden olmaktadır.

C— KKY' da (%) O₂ Miktarının Değerlendirilmesi

KKY O₂ miktarı üzerine kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonun etkisinin değerleri Çizelge 3.54' de, aralarındaki ilişki ise Şekil 3.27' de verilmiştir.



Şekil 3.27. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O₂ değerlerindeki değişim

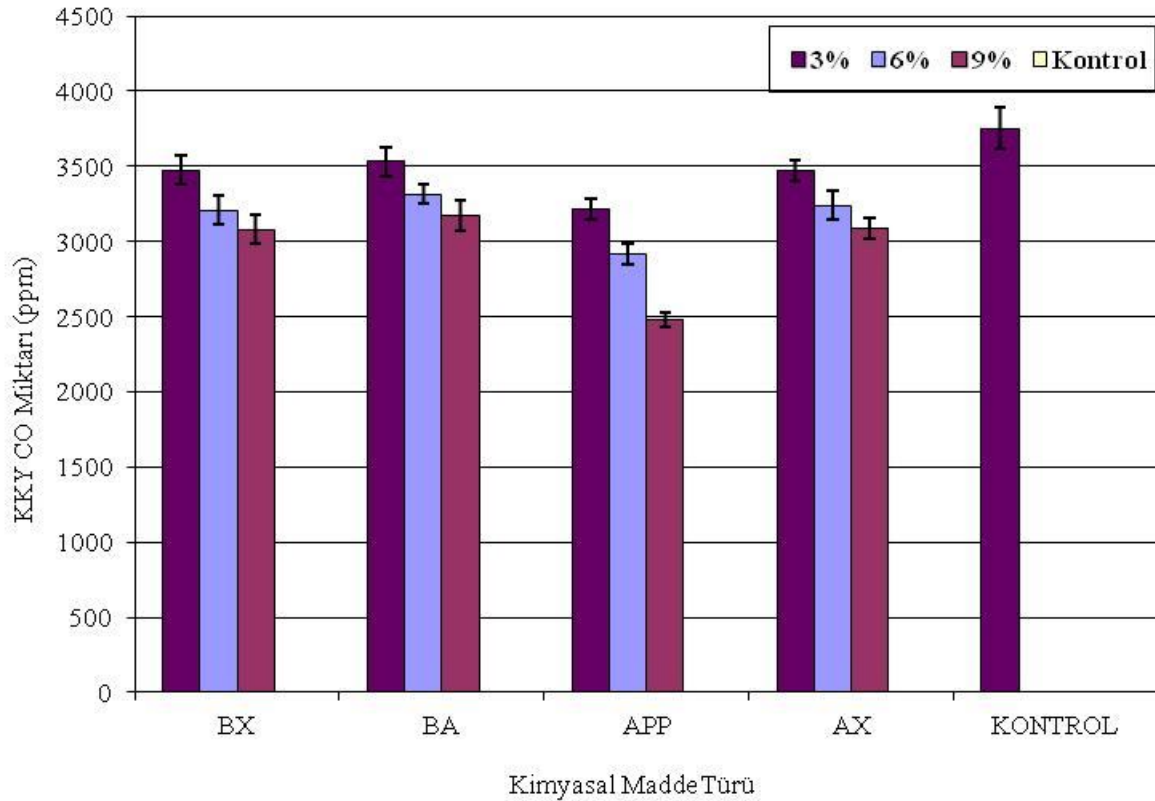
Şekil 3.27' de görüldüğü üzere tüm kimyasal madde ve konsantrasyon oranlarının O₂ miktarı üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Kimyasal madde konsantrasyonunun artışı ile ortamdaki O₂ miktarının da arttığı belirlenmiştir. Kontrol örneğine (%19.26) nazaran kimyasal maddelerle muamele edilen levhalardan Alfa-x' in %9 oranında O₂ miktarının en fazla olduğu görülmektedir. Kimyasal madde türüne bağlı olarak yanmaya karşı gösterdikleri dayanım miktarının artması ve alev yayılma hızının azalması neticesinde O₂ miktarının artmasına sebep olmaktadır. Yangına karşı dayanım sağlamaları ise kimyasal maddelerin çeşitli gazlar salıvermesi, bariyer özelliği göstererek yanma hızının azaltması

sayesinde olmaktadır. Yanma miktarının azalması ortamdaki O₂ miktarının artmasına neden olmaktadır. Uysal ve Kurt (2005) daha önce yapmış oldukları bir çalışmada BA, BX ve BA+BX kullanmışlar ve O₂ miktarının kontrol örneklerine göre daha fazla miktarda olduklarını bildirmişlerdir.

Overlay, dekor ve balans kâğıtlarında ki melamin miktarının az da olsa etki ettiği düşünülmektedir. Melamin kullanılan kimyasal maddelerle beraber olumlu etki göstererek ortamdaki zehirli gazların etkinliğini azaltmaktadır.

D- KKY CO Miktarının Değerlendirilmesi

KKY' da, CO miktarı üzerine kimyasal madde ve kimyasal madde konsantrasyonunun etki değerleri Çizelge 3.54' de verilmiş, aralarındaki ilişki ise aşağıda Şekil 3.28' de gösterilmiştir.



Şekil 3.28. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerindeki değişim

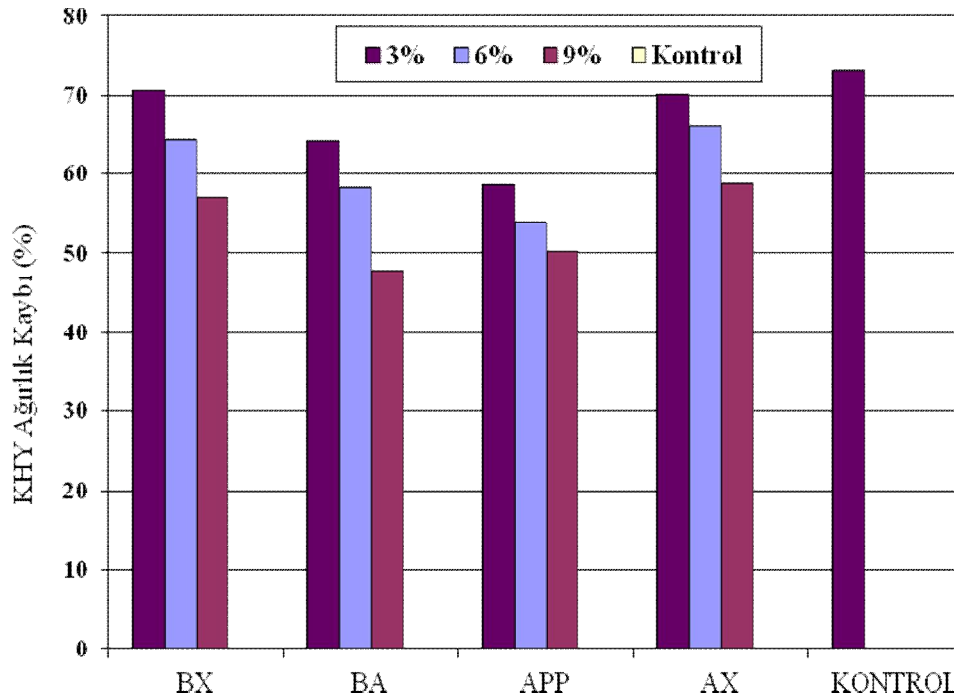
Şekil 3.28 incelendiğinde tüm kimyasal maddelerin CO miktarı üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Kontrol örneğine (3752 ppm) nazaran kimyasal maddelerin kullanıldıkları konsantrasyon oranının artması ile birlikte azalmanın da devam ettiği bulunmuştur. Kimyasal maddelerin etkinliği ve formülasyonlarına bağlı olarak yanma dayanımını artırmaları ile ortamdaki zehirli gazların azalmasında etkili olmuşlardır.

Yanmanın artması ile ortamdaki zehirli gaz oluşumu da artmaktadır. Dolayısı ile O₂ miktarı azalmakta ve zehirlenmeler oluşabilmektedir. FR kimyasallarının temel kullanım amaçlarından bir tanesi de yanma dayanımını artırmak, yanma olayını minimize etmek ve ortamdaki gaz çıkışını en aza indirmektir (White ve Dietenberger, 1999).

Amonyum polifosfat, alfa-x, boraks ve borik asit kimyasalları duman yoğunluğunu azaltıcı ve gaz çıkışını engelleyici etki göstermiştir. HDF yüzeyinde kullanılan laminatın melamin içermesi yanmayı azaltıcı etki göstermektedir. Melamin, yanma ortamında ısı ve alevle temas ettiği esnada dekompoze olmakta bu sırada azot salıvermektedir. Azot yanmayı azaltıcı etki gösterirken, melamin ısıyı absorbe ederek soğutucu etki yapmaktadır. Bu da alevlerin yayılmasını ve zehirli gazların oluşumunu azaltarak yangının sönmesini sağlamaktadır.

E- Kor Halinde Yanmada Ağırlık Kaybı (KHY) değerleri

Kendi kendi yanma süresi 10 dakikadan sonra ateşin kor halinde yanması beklenmiş ve kül ağırlığı bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Şekil 3.29’ da verilmiştir.



Şekil 3.29. Farklı konsantrasyonlarda ki, yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KHY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim

Standart harici yapılan KHY’ da kütle kaybı miktarında da artan konsantrasyon oranına bağlı olarak azalma tespit edilmiştir. Ancak KKY’ nın aksine borik asit %9 oranı en etkili yanmayı geciktirici kimyasal olarak belirlenmiştir.

2– Termogravimetrik Analiz (TGA) Değerlerinin İrdelemesi

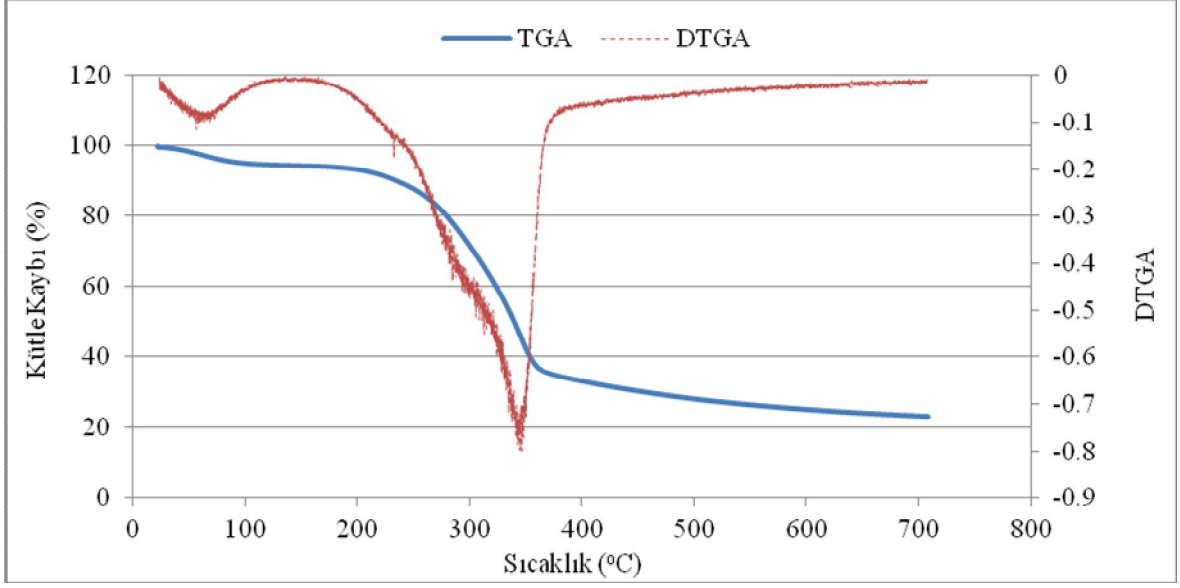
TGA sonuçları Çizelge 3.59’ da verilmiştir. Çizelgeye göre kontrol örneği kütle kaybı miktarı %79.0 ile en fazla orana sahip iken borik asit %9 deneme örnekleri ise %67.0 orana sahiptir. Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kütle kaybı üzerinde konsantrasyon oranlarına da bağlı olarak birbirinden farklı olumlu etki göstermiştir. Bozunma bitme noktasında da yine kontrol örneğine göre kimyasal madde ilaveli deneme örnekleri konsantrasyon oranlarına bağlı olarak kütle kaybı miktarında azalma etkisi göstermiştir.

TGA ile belirlenen termal bozunma sonucunda kontrol örneği ve yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin kullanıldığı levhalardan elde edilen örnekler karşılaştırılmış ve FR kimyasallarının etkinlikleri belirlenmiştir. Yaklaşık olarak 550°C’ de kömürleşen kısım kömürleşme oranını belirlemektedir. Kömürleşme oluşumu ile uçucu ürünlerin yanma miktarı ve ısı miktarı büyük ölçüde azalır. Odun bileşenleri sırasıyla hemiselüloz, selüloz ve lignin olarak degrade olurlar ve 500–800 °C arasında karbonizasyon gerçekleşir (Tutuş ve ark., 2010). TGA eğrisi 100–150 °C’ arasında örnek ağırlıklarında azalma olduğunu gösterir. Yaklaşık olarak degradasyon 100 °C’ de, piroliz 180–200 °C’ de, ekzotermik reaksiyon 240–250 °C olur. Yüksek sıcaklıkta yoğunlaşma neticesinde furfural, asetik asit ve metanol üretilir. FR kimyasal maddeleri yanma esnasında alevlenebilir gaz oranını azaltır, kömürleşmeyi artırır, oluşan su ile de selülozun kömürleşmesini ve dehidratasyonuna yol açarlar (Holmes,1977). Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler pirolizin sıcaklığını düşürmekte ve kömürleşmeyi artırmak suretiyle ağırlık kaybını azaltmaktadır. Artan kömürleşme ile yanıcı gazların çıkışı azalmaktadır (Gao ve ark, 2006).

Bu çalışmada kullanılan yanmayı geciktirici kimyasal maddeler (BX, BA, APP ve Alfa-X) ve konsantrasyon oranlarına bağlı olarak yapılan TGA testi grafikleri aşağıda sırasıyla verilmiştir.

A– Kontrol Örneklerine Ait TGA Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Yanmayı geciktirici amaçla kullanılan kimyasal maddelerin ve konsantrasyon oranlarının etkinlik derecelerini belirlemek amacı ile kontrol örneği deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA ve DTGA ölçüm değerlerine ait grafik aşağıda Şekil 3.30’ da verilmiştir.



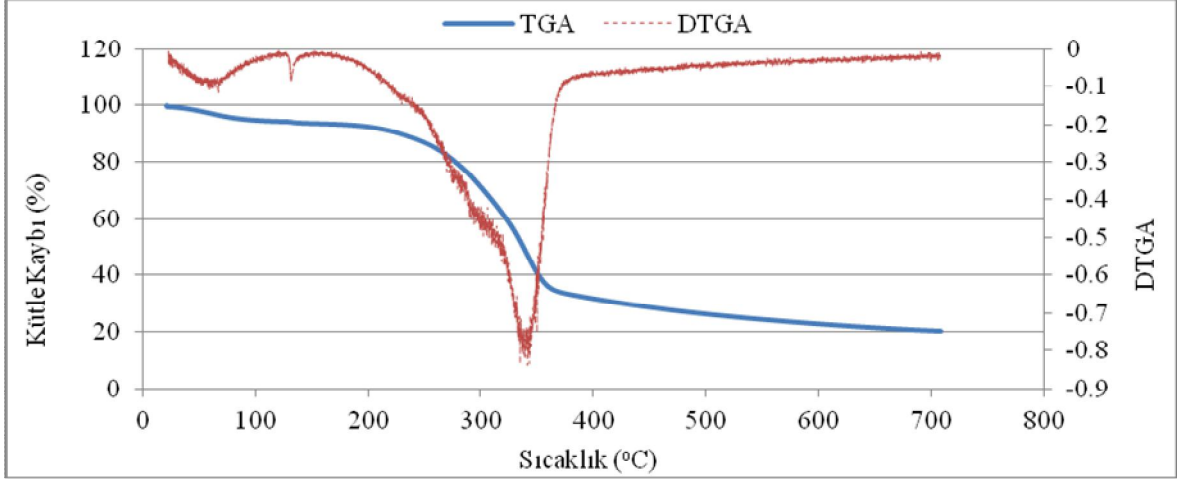
Şekil 3.30. Kontrol örneği levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri

TGA testi ölçüm grafiğinde de görüldüğü gibi 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %7.9 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1’ de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. Kontrol örneği deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 283.3 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 361.0 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %68.0 ve 700 °C’ de kütle kaybı %79.0 olarak belirlenmiştir.

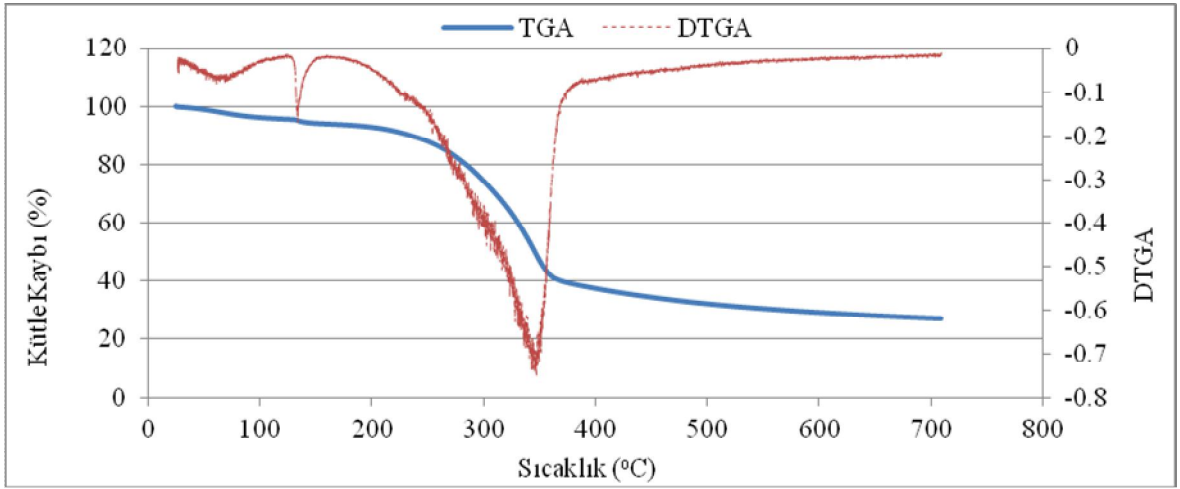
Yapılan analiz sonucunda yanmayı geciktirici tüm kimyasal maddeler kontrol örneği deneme levhalarının kütle kaybı miktarına göre olumlu sonuçlar vermiş ve ama etkileri farklılık göstermiştir.

B — Boraks Kullanımında Elde Edilen TGA Sonuçları ve Değerlendirilmesi

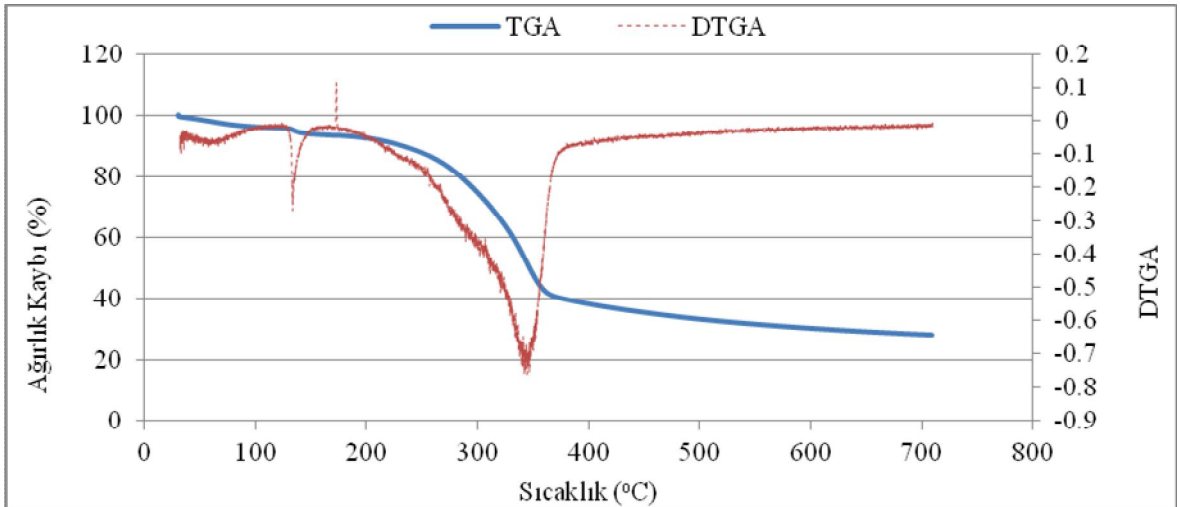
Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan boraks kimyasal madde kuru lif ağırlığına oranla %3, %6 ve %9 oranlarında liflere ilave edilmiştir. Elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA test ölçümleri sonucunda boraks kimyasalının ve konsantrasyon oranlarının etkinlik miktarlarının belirlendiği değerlere ait TGA ve DTGA grafikleri sırasıyla aşağıda Şekil 3.31, 3.32 ve 3.33’ de verilmiştir.



Şekil 3.31. FR kimyasalı olarak kullanılan %3 Boraks ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri



Şekil 3.32. FR kimyasalı olarak kullanılan %6 Boraks ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri



Şekil 3.33. FR kimyasalı olarak kullanılan %9 Boraks ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri

Şekil 3.31' de görüldüğü üzere boraks %3 kimyasalı ilave edilen deneme örneklerinde yapılan TGA sonucu değerlerine göre 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %7.0 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1' de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %3 Boraks ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 282.1 °C, bozunma bitme sıcaklığı 359.4 °C arasında olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile hızlı bir ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %64.7 ve 700 °C' de kütle kaybı %76.2 olarak belirlenmiştir.

Boraks, odun ve diğer selülozik malzemelerde yangın geciktirici olarak kullanılan kimyasalların temel bileşenlerindedir. Boraks alev yayılmasını azaltma yönünde daha etkili olurken aynı zamanda korlaşma ve kömürleşmeye de katkı yapar (Le Van, 1984).

Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan boraks kuru lif ağırlığına oranla %6 oranında liflere katılması ile elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA ölçüm değerleri irdelemesi aşağıda verilmiştir.

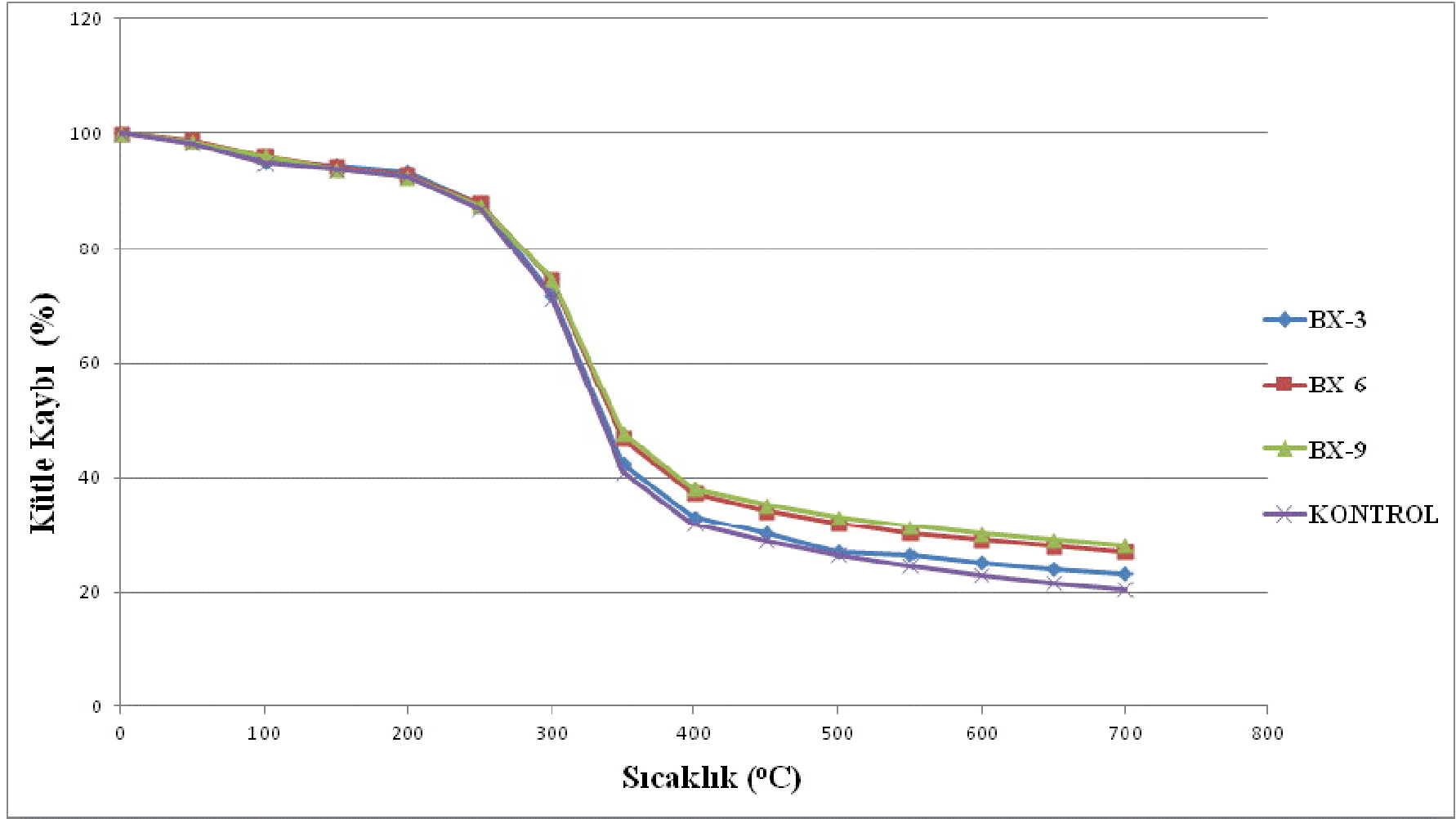
TGA ölçüm sonuçları grafiği Şekil 3.32' de görüldüğü üzere 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %8.6 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1' de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %6 Boraks ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 287.6 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 361.6 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %61.6 ve 700 °C' de kütle kaybı %72.7 olarak belirlenmiştir.

Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan boraksın kuru lif ağırlığına oranla %9 oranında liflere katılması ile elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA ölçüm değerleri irdelemesi aşağıda verilmiştir.

TGA testi ölçüm grafiği Şekil 3.33' de görüldüğü üzere 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %9.3 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1' de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %9 Boraks ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 289.3 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 361.2 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik

bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %60.3 ve 700 °C' de kütle kaybı %71.2 olarak belirlenmiştir.

Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan boraksın yanma üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Etkinliği ise kullanılan kimyasal miktarı ile artmıştır. Kontrol örneğinde kalan kütle miktarı %21 olarak bulunmuştur. Kontrol örneğine kıyasla en fazla kalan madde miktarı (%28.8), %9' luk konsantrasyonda meydana gelmiştir. En az kalan madde miktarı ise (%23.8), %3' lük konsantrasyonda elde edilmiştir. Boraks kimyasal maddesinin %3, %6 ve %9 konsantrasyonlarda kullanılması ile elde edilen deneme levhalarının TGA testi aşağıda Şekil 3.34' te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 3.34. Boraks kimyasalının %3, %6 ve %9 konsantrasyonları ile elde edilen deneme levhalarının TGA testi sonucunda kalan madde miktarlarındaki değişim değerleri

C – Borik asit Kullanımında Elde Edilen TGA Sonuçları ve Değerlendirilmesi

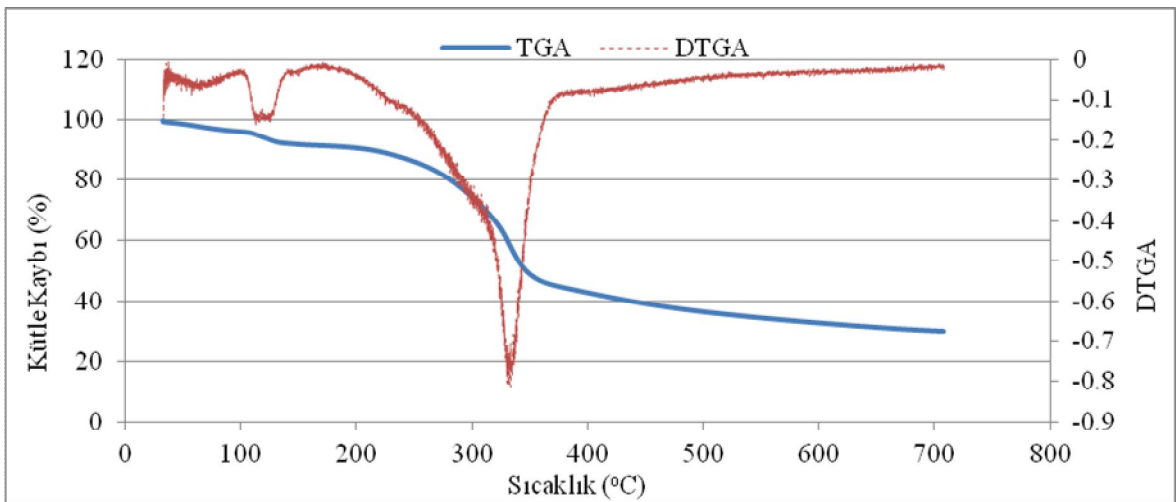
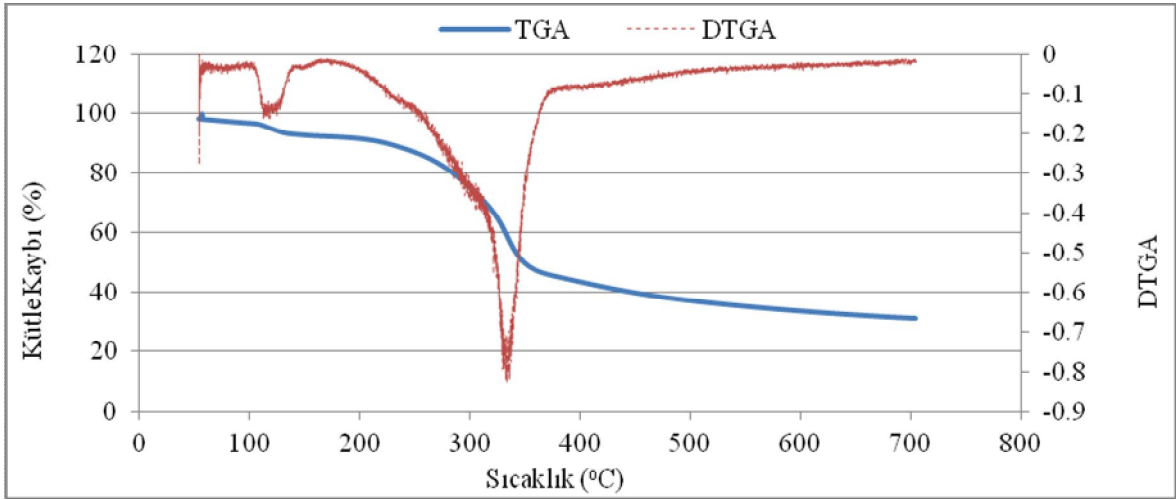
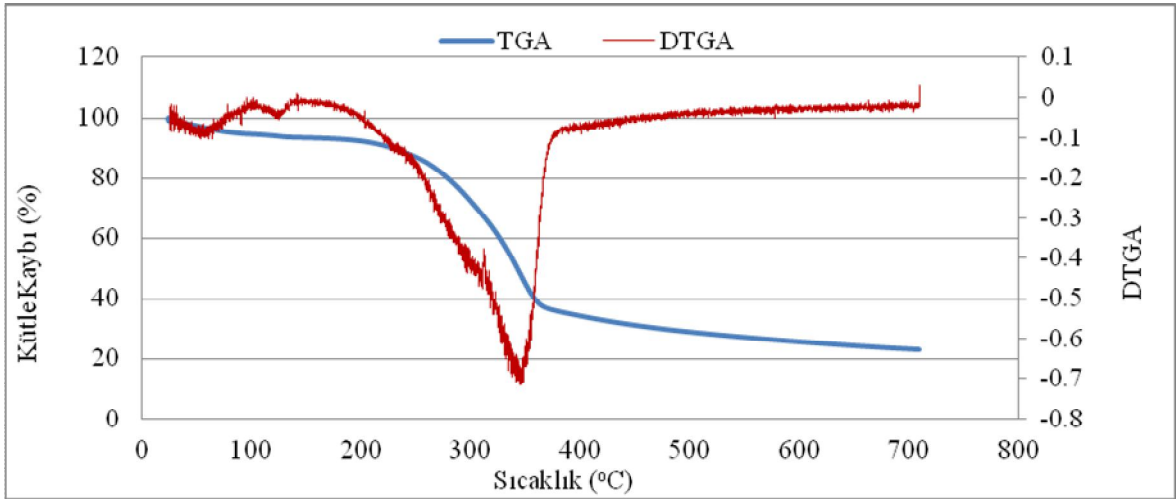
Borik asit düşük sıcaklıkta (100–300°C) kısmi bir şekilde dehidrasyon ve oksijen azaltma reaksiyonlarını katalizler. Bu da odunun yanması ve kömürleşmesi ile yanmasını önleme yönünde olumlu etkiler (Wang, 2004).

Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan borik asit kuru lif ağırlığına oranla %3, %6 ve %9 oranlarında liflere ilave edilmiştir. Elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA test ölçümleri sonucunda borik asit kimyasalının ve konsantrasyon oranlarının etkinlik miktarlarının belirlendiği değerlere ait TGA ve DTGA grafikleri sırasıyla aşağıda Şekil 3.35, 3.36 ve 3.37’ de verilmiştir. Şekil 3.35’ de borik asit kimyasalının %3 ilave edildiği deneme örneklerine ait TGA sonucunda görüldüğü üzere 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %7.9 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1’ de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %3 borik asit ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 281.7 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 362.9 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %63.5 ve 700 °C’ de kütle kaybı %75.9 olarak belirlenmiştir.

Borik asit odun ve diğer selülozik materyaller için birçok yanmayı geciktirici kimyasal maddenin temel bileşenidir (Lyons, 1970). Borik asit alevin yayılması üzerinde az bir etkiye sahip iken kömürleşme olayında daha etkilidir (Le Van, 1984).

Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan borik asidin kuru lif ağırlığına oranla %6 oranında liflere ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA ölçüm değerleri irdelemesi aşağıda belirtilmiştir..

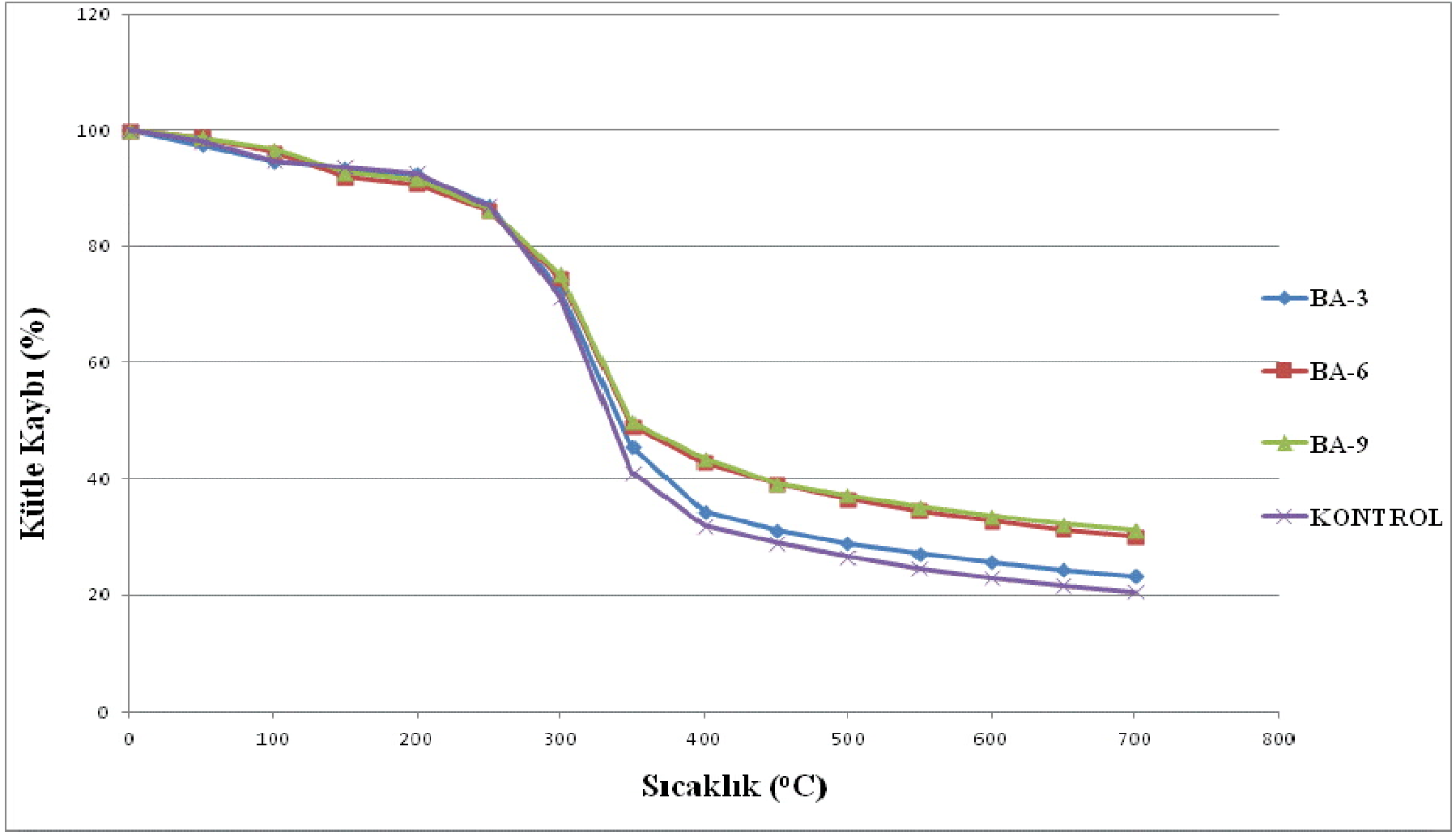
TGA testi ölçüm grafiğinde de görüldüğü gibi 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %10.6 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1’ de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %6 borik asit ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 292.5 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 348.3 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %53.1 ve 700 °C’ de kütle kaybı %69.4 olarak belirlenmiştir.



Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan borik asit, kuru lif ağırlığına oranla %9 oranında liflere ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA ölçüm değerleri irdelemesi aşağıda yorumlanmıştır.

TGA testi ölçüm grafiğinde de görüldüğü gibi 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %9.9 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1’ de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %9 borik asit ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 291.4 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 348.3 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %52.3 ve 700 °C’ de kütle kaybı %67.0 olarak belirlenmiştir.

Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan borik asidin yanma üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Etkinliği ise kullanılan kimyasal miktarı ile artmıştır. Kontrol örneğinde kalan kütle miktarı %21 olarak bulunmuştur. Kontrol örneğine kıyasla en fazla kalan madde miktarı (%30.0), %9’ luk konsantrasyonda meydana gelmiştir. En az kalan madde miktarı (%24.1) ise %3’ lük konsantrasyonda elde edilmiştir. Borik asit kimyasal maddesinin %3, %6 ve %9 konsantrasyonlarda kullanılması ile elde edilen deneme levhalarının TGA testi aşağıdaki grafikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



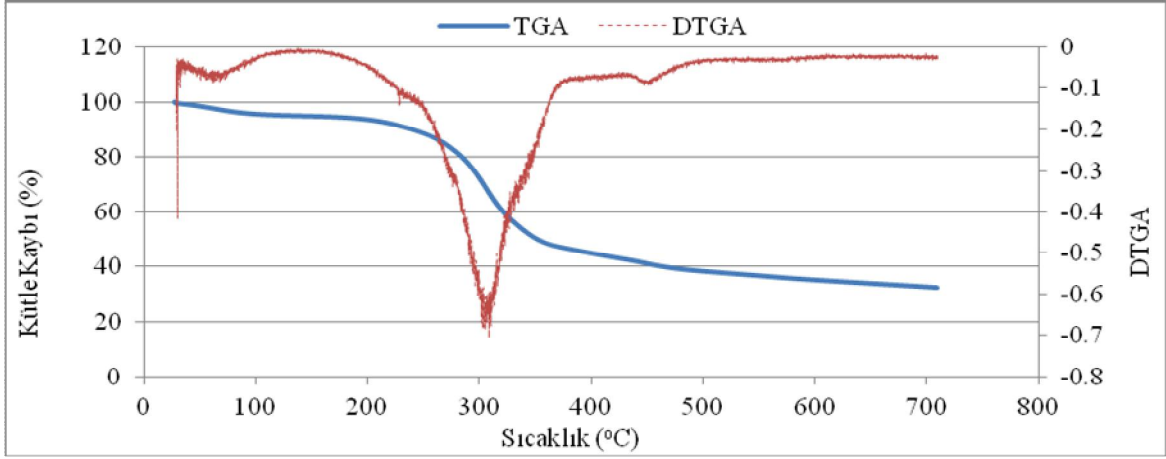
Şekil 3.38. Borik asit kimyasal maddesinin %3, %6 ve %9 konsantrasyonları ile elde edilen deneme levhalarının TGA sonucunda kalan madde miktarlarındaki değişim değerleri

D – Amonyum Polifosfat Kullanımında Elde Edilen TGA Sonuçları ve Değerlendirilmesi

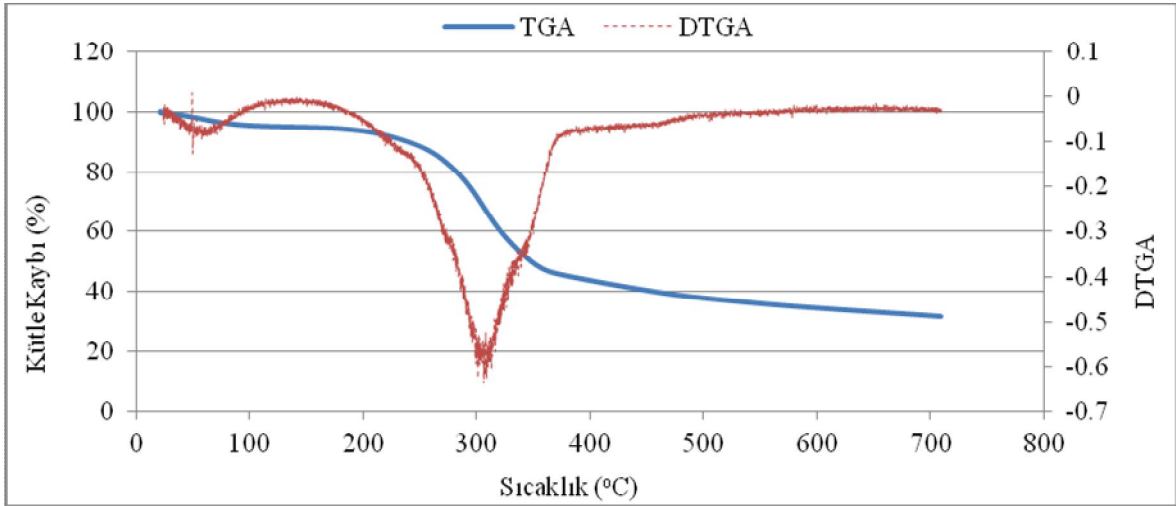
Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan amonyum polifosfatın kimyasal maddesi kuru lif ağırlığına oranla %3, %6 ve %9 oranlarında liflere ilave edilmiştir. Elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA test ölçümleri sonucunda amonyum polifosfat kimyasalının ve konsantrasyon oranlarının etkinlik miktarlarının belirlendiği değerlere ait TGA ve DTGA grafikleri sırasıyla aşağıda Şekil 3.39, 3.40 ve 3.41’ de verilmiştir. Şekil 3.39’ da amonyum polifosfat kimyasalının %3 ilave edildiği deneme örneklerine ait TGA testi ölçüm grafiğinde de görüldüğü gibi 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %5.6 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1’ de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %3 amonyum polifosfat ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 260.8 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 344.9°C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %46.3 ve 700 °C’ de kütle kaybı %71.0 olarak belirlenmiştir.

Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan amonyum polifosfatın kuru lif ağırlığına oranla %6 oranında liflere katılması ile elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA ölçüm değerleri irdelemesi aşağıda yapılmıştır.

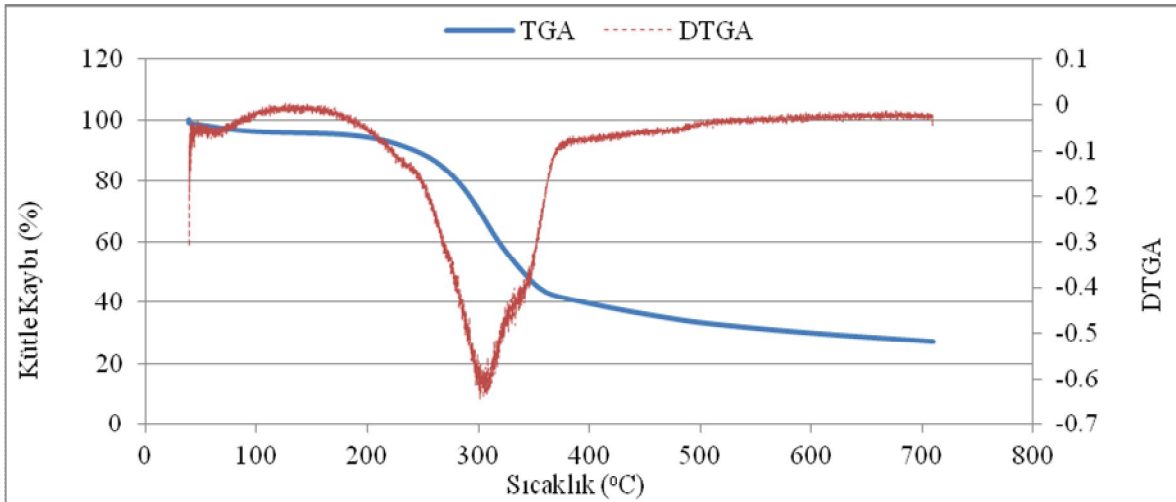
TGA testi ölçüm grafiğinde de görüldüğü gibi 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %6.2 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1’ de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %6 amonyum polifosfat ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 262.1 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 342.3 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %52.4 ve 700 °C’ de kütle kaybı %67.5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.39. FR kimyasalı olarak kullanılan %3 Amonyum polifosfat ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri



Şekil 3.40. FR kimyasalı olarak kullanılan %6 Amonyum polifosfat ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri

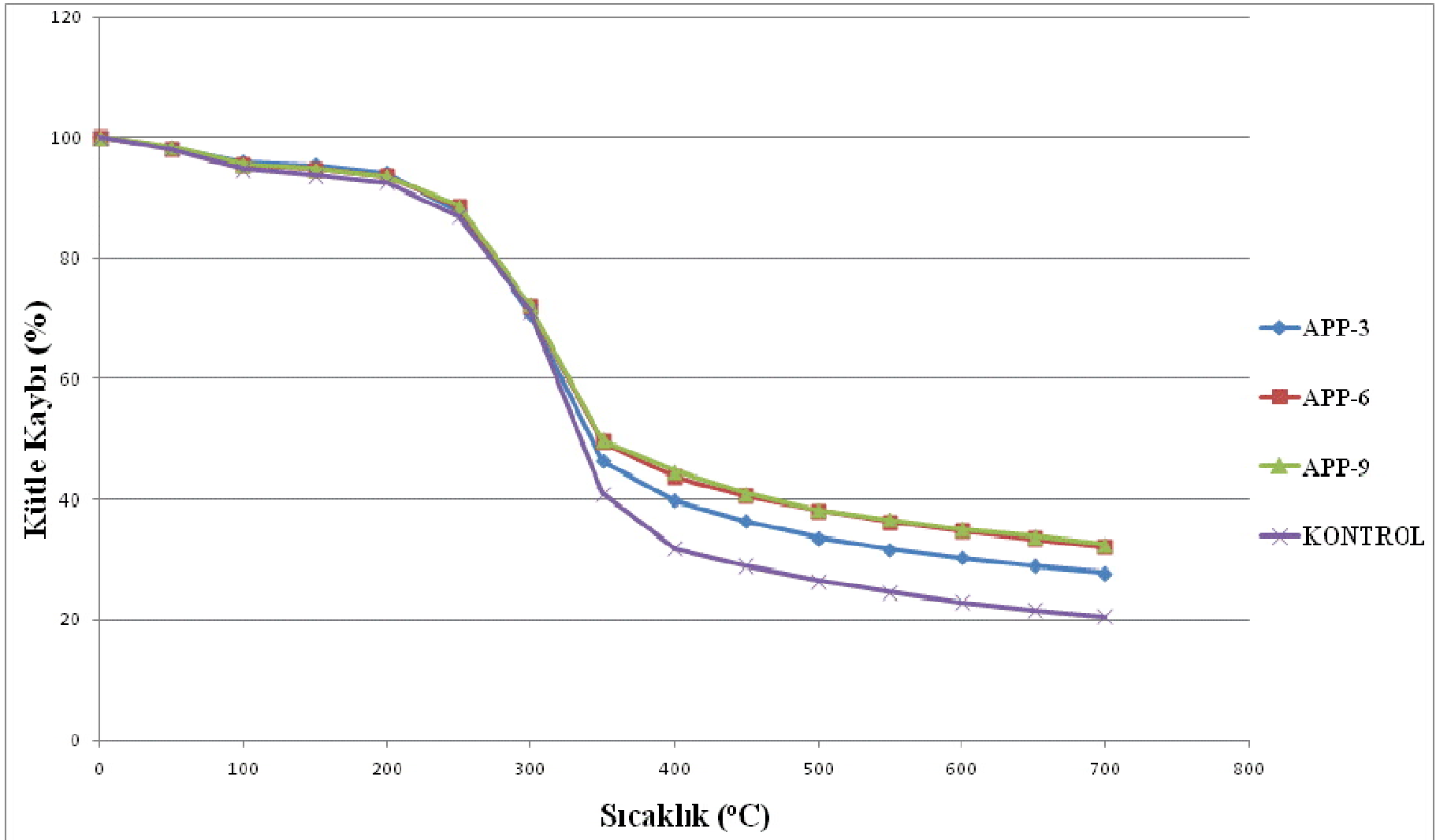


Şekil 3.41. FR kimyasalı olarak kullanılan %9 Amonyum polifosfat ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri

Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan amonyum polifosfatın kuru lif ağırlığına oranla %9 oranında liflere ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA ölçüm değerleri irdelemesi aşağıda açıklanmıştır.

TGA testi ölçüm grafiğinde de görüldüğü gibi 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %6.4 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1’ de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %9 amonyum polifosfat ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 266.6 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 336.2 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %50.6 ve 700 °C’ de kütle kaybı %67.1 olarak belirlenmiştir.

Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan Amonyum polifosfatın yanma üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Etkinliği ise kullanılan kimyasal miktarı ile artmıştır. Kontrol örneğinde kalan kütle miktarı %21 olarak bulunmuştur. Kontrol örneğine kıyasla en fazla kalan madde miktarı (%32.9) %9’ luk konsantrasyonda meydana gelmiştir. En az kalan madde miktarı (%29.0) ise %3’ lük konsantrasyonda elde edilmiştir. Amonyum polifosfat kimyasal maddesinin %3, %6 ve %9 konsantrasyonlarda kullanılması ile elde edilen deneme levhalarının TGA testi Şekil 3.42’ de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



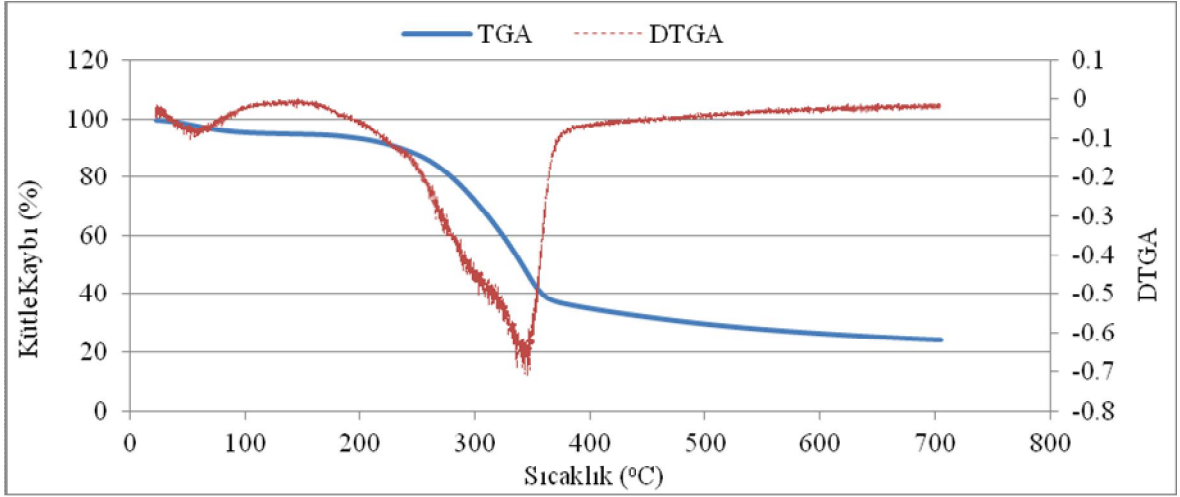
Şekil 3.42. Amonyum polifosfatın kimyasalının %3, %6 ve %9 konsantrasyonları ile elde edilen deneme levhalarının TGA testi sonucunda kalan madde miktarlarındaki değişim değerleri

D – Alfa-x

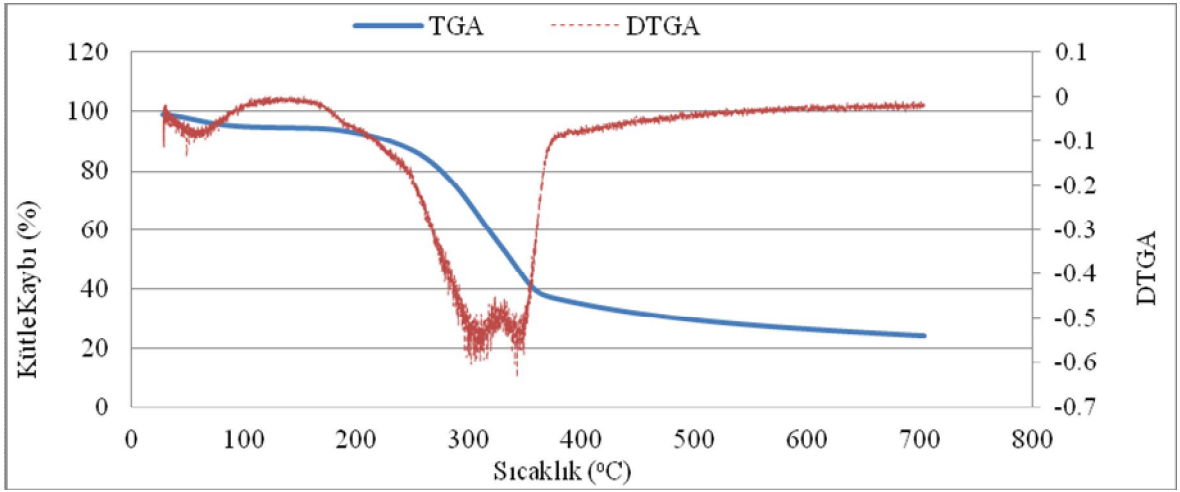
Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan alfa-x kuru lif ağırlığına oranla %3, %6 ve %9 oranlarında liflere ilave edilmiştir. Elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA test ölçümleri sonucunda alfa-x kimyasalının ve konsantrasyon oranlarının etkinlik miktarlarının belirlendiği değerlere ait TGA ve DTGA grafikleri sırasıyla aşağıda Şekil 3.43, 3.44 ve 3.45’ de verilmiştir. Şekil 3.43’ de alfa-x kimyasalının %3 ilave edildiği deneme örneklerine ait TGA testi ölçüm grafiğinde de görüldüğü gibi 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %6.5 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1’ de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %3 alfa-x ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 274.6 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 361.0 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %63.0 ve 700 °C’ de kütle kaybı %75.2 olarak belirlenmiştir.

Yanmayı geciktirici amaçla kullanılan alfa-x kimyasal maddesinin kuru lif ağırlığına oranla %6 oranında liflere ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA ölçüm değerleri irdelemesi aşağıda verilmiştir.

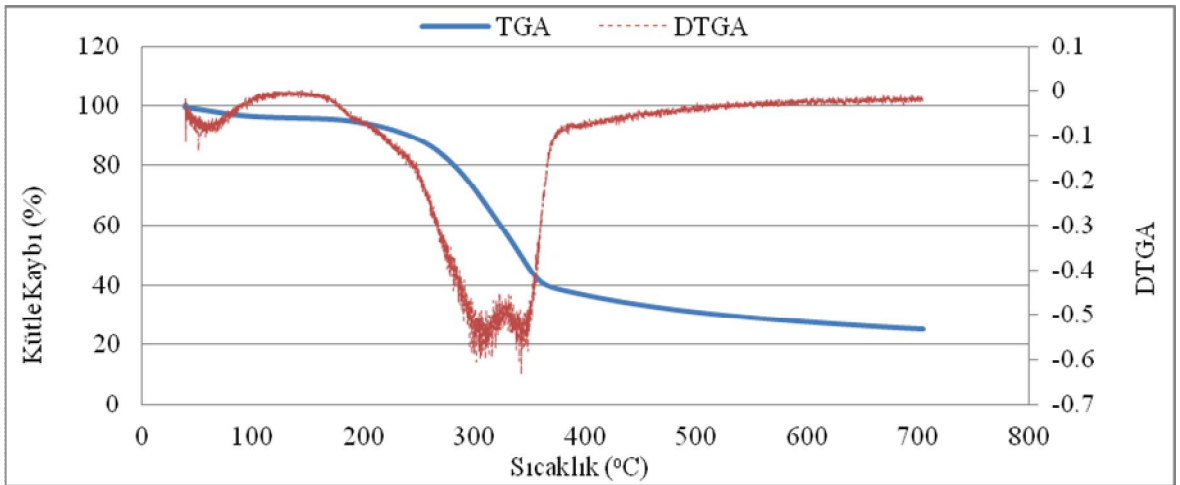
TGA testi ölçüm grafiğinde de görüldüğü gibi 100–150 °C’ ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %6.0 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1’ de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %6 alfa-x ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 254.3 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 358.5 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %62.2 ve 700 °C’ de kütle kaybı %75.1 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.43. FR kimyasalı olarak kullanılan %3 Alfa-x ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri



Şekil 3.44. FR kimyasalı olarak kullanılan %6 Alfa-x ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri.

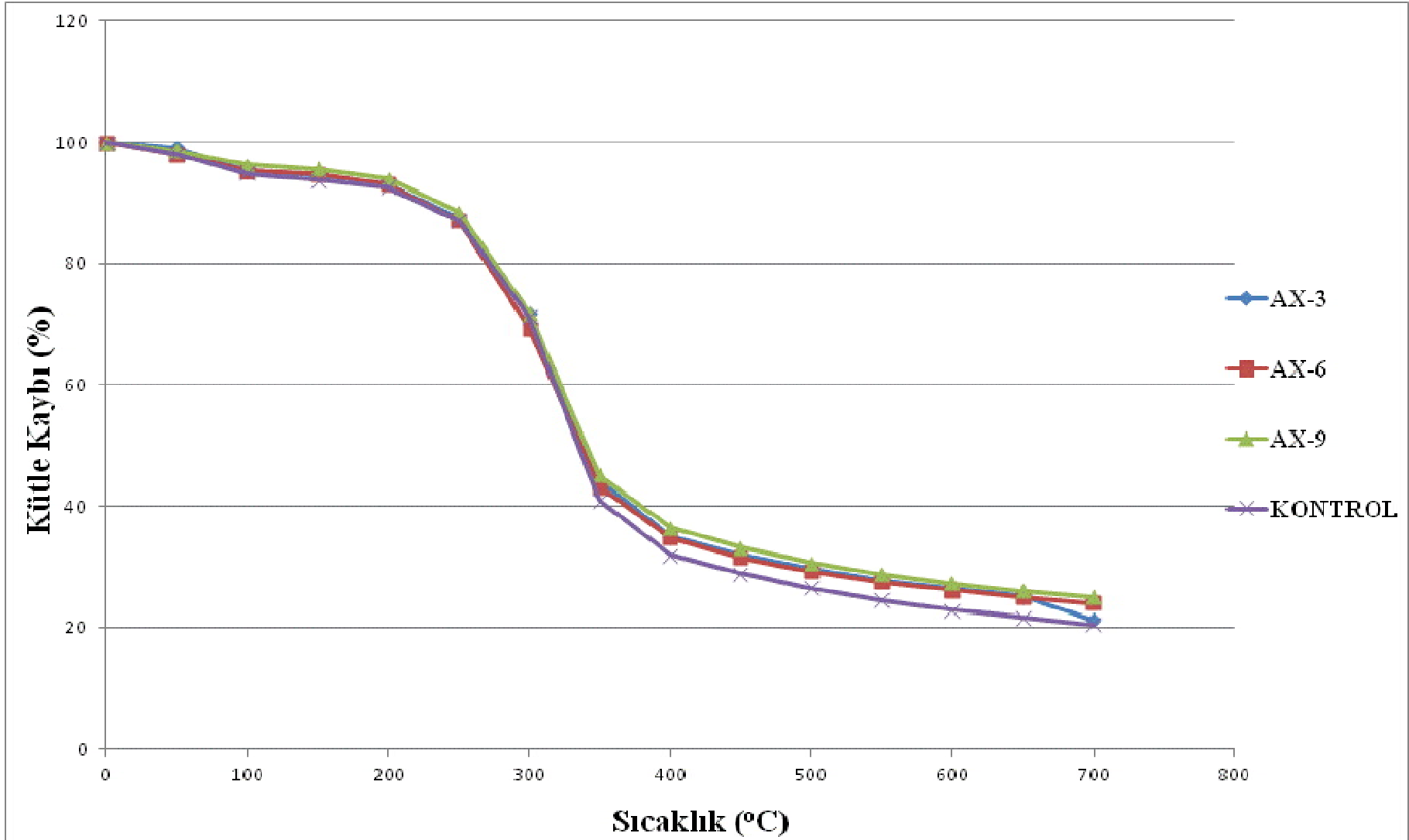


Şekil 3.45. FR kimyasalı olarak kullanılan %9 Alfa-x ilaveli deneme levhasının TGA sonucunda ağırlık kaybı üzerindeki değişim değerleri

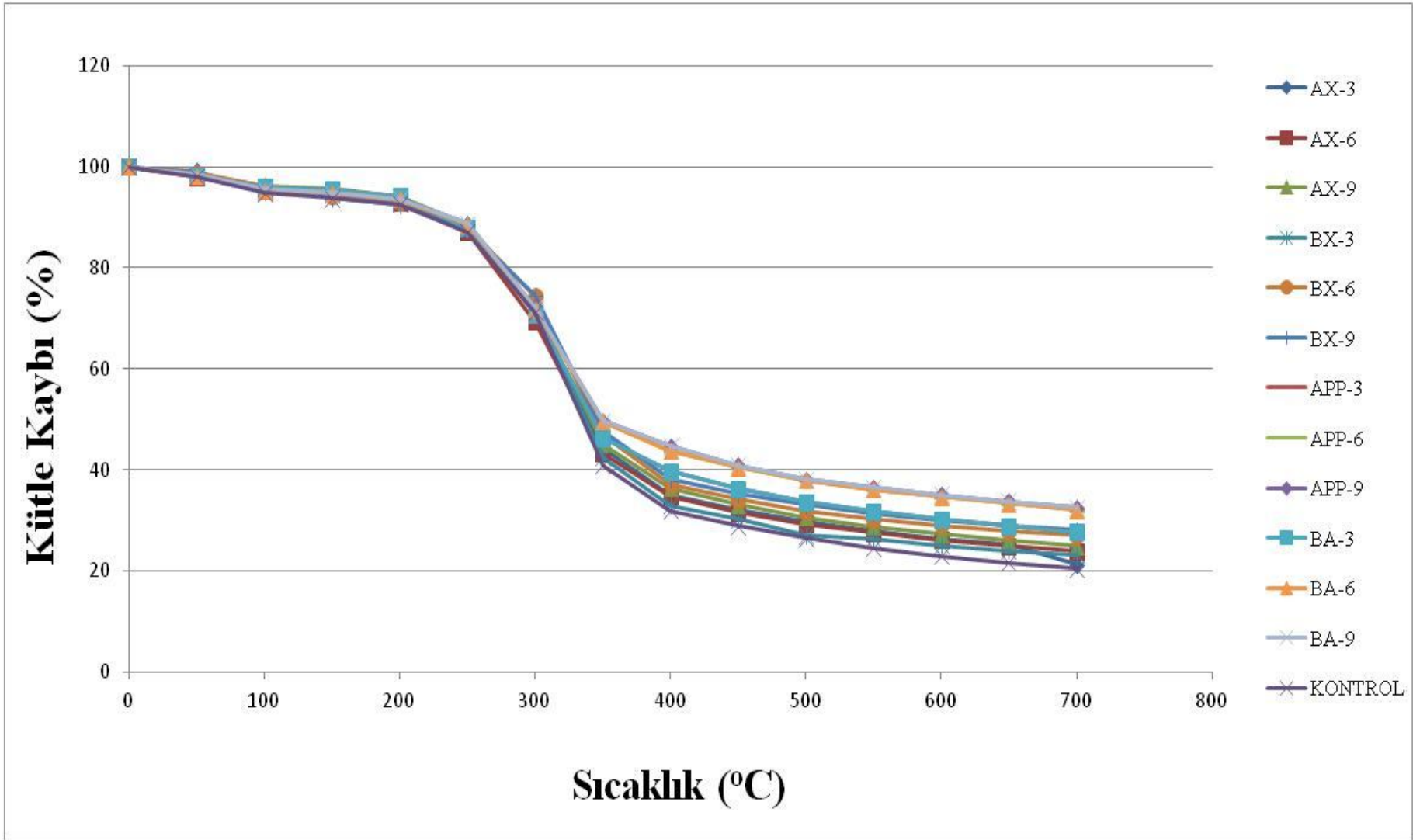
Yanmayı geciktirici amaçla kullanılan alfa-x kimyasal maddesinin kuru lif ağırlığına oranla %9 oranında liflere ilave edilmesi ile elde edilen deneme levhalarından alınan örneklerde yapılan TGA ölçüm değerleri irdelemesi aşağıda açıklanmıştır.

TGA testi ölçüm grafiğinde de görüldüğü gibi 100–150 °C ye kadar deneme levhalarında rutubet kaybı olmaktadır. İlk bozunma başlama noktasında kaybolan kütle miktarı %5.6 bulunmuş olup bu değer Çizelge 3.1’ de bulunan rutubet miktarına uyumlu olup birbirlerini desteklemektedirler. %9 alfa-x ilaveli deneme levhasının bozunmaya başladığı ilk bozunma sıcaklığı yaklaşık olarak 258.0 °C, bozunma bitme sıcaklığı ise 361.4 °C olmuştur. Bu sıcaklıklar arasında levhaların ana bileşenleri olan selülozik bileşenlerin bozunmaları ile ağırlık kaybı olmuştur. Bozunma bitme kütle kaybı %60.6 ve 700 °C’ de kütle kaybı %73.9 olarak belirlenmiştir.

Yanmayı geciktirici kimyasal olarak kullanılan alfa-x, yanma prosesi üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Etkinliği ise kullanılan kimyasal miktarı ile artmıştır. Kontrol örneğinde kalan kütle miktarı %21 olarak bulunmuştur. Kontrol örneğine kıyasla en fazla kalan madde miktarı (%24.8) %9’ luk konsantrasyonda meydana gelmiştir. En az kalan madde miktarı (%26.1) ise %3’ lük konsantrasyonda elde edilmiştir. Alfa-x kimyasal maddesinin %3, %6 ve %9 konsantrasyonlarda kullanılması ile elde edilen deneme levhalarının TGA testi Şekil 3.46’ da grafikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 3.46. Alfa-x kimyasalının %3, %6 ve %9 konsantrasyonları ile elde edilen deneme levhalarının TGA sonucunda kalan madde miktarlarındaki değişim değerleri



Şekil 3.47. Yanmayı geciktirici kimyasal madde ve konsantrasyon oranlarının TGA sonucunda deneme levhalarının ağırlıklarında meydana getirdikleri değişim değerleri

Tüm kimyasal madde ve konsantrasyon oranlarının TGA sonuçları karşılaştırma amacı ile Şekil 3.47’ de gösterilmiştir. Tüm kimyasal madde ve konsantrasyonlarını içeren deneme örnekleri kalan kütle miktarı kontrol örneğinden daha fazla çıkmıştır. Bu nedenle yapılan TGA analizi sonucunda yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin laminat parke deneme levha örneklerinde ağırlık kaybı üzerine olumlu etki yaptığı belirlenmiştir. Kimyasal madde ve oranlarının bozunma sıcaklıkları ve ağırlık kaybı miktarları Çizelge 3.77’ de verilmiştir.

Çizelge 3.77. Yanmayı geciktirici kimyasal madde ve konsantrasyonlarının TGA testi ortalama değerleri

KİMYASAL	%	İlk Bozunma Sıcaklığı (°C)	İlk Bozunma Ağırlık Miktarı (%)	Bozunma Bitme Sıcaklığı (°C)	Bozunma Sonunda Yanma Miktarı (%)	Yanma Miktarı (%)
KONTROL	0	283.3	92.1	361.0	68.0	79.0
BORAKS	3	282.1	93.0	359.4	64.7	76.2
	6	287.6	91.4	361.6	61.6	72.7
	9	289.3	90.7	361.2	60.3	71.2
BORİKASİT	3	281.7	92.1	362.9	63.5	75.9
	6	292.5	89.4	348.3	53.1	69.4
	9	291.4	90.1	348.3	52.3	67.0
APP	3	260.8	94.4	344.9	56.3	71.0
	6	262.1	93.8	342.3	52.4	67.5
	9	266.6	93.6	336.2	50.6	67.1
ALFA-X	3	274.6	93.5	361.0	63.0	75.2
	6	254.3	94.0	358.5	62.2	75.1
	9	258.0	94.4	361.4	60.6	73.9

Çizelge 3.77 incelendiğinde ilk bozunma sıcaklığının %9 alfa-x kimyasalında en düşük (258°C), en yüksek ise %6 borik asit (292.5 °C) kimyasalın da olduğu görülmektedir. Bozunma bitme sıcaklığı ise en düşük %9 amonyum polifosfatta (336.2 °C), en yüksek ise %3 borik asitte (362.9 °C) tespit edilmiştir. Bozunma bitme sıcaklığında en yüksek kütle kaybı kontrol örneğinde olurken (%68), en düşük kütle kaybı ise %9 amonyum polifosfatta (%50.6) meydana gelmiştir. 700 °C de en fazla kütle kaybı kontrol örneğinde (%79) olurken en az kütle kaybı ise %9 amonyum polifosfatta (%67.1) tespit edilmiştir. Kullanılan yanmayı geciktirici kimyasallar arasında en etkilisi amonyum

polifosfat %9 oranı olmuştur. Boraks, borik asit, amonyum polifosfat ve alfa-x kimyasalları ve konsantrasyon oranlarının TGA testi sonucu oluşan yanma değerlerinin karşılaştırılması Şekil 3.47' de verilmiştir. Borik asit ve boraks birbirine yakın değerler vermiş gibi görünse de borik asit biraz daha etkili bulunmuştur. Alfa-x kimyasalının ise diğer kimyasallara nazaran etkinliğinin daha az olduğu belirlenmiştir.

Yanmayı geciktirici özellikteki çeşitli kimyasal maddelerin farklı oranları ile muamele edilerek elde edilen laminat parke deneme levhalarının termogravimetrik termal analiz metodu ile sıcaklığın artırılması ile ağırlık kaybı arasındaki azalma ilişkisi incelenmiştir. 700 °C' de kontrol örneğine nazaran tüm yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin daha olumlu etki yaptığı görülmüştür. Artan sıcaklık karşısında kimyasal madde ile muamele edilen levhalarda ağırlık kayıplarında azalma belirlenmiştir. Bu azalma, kimyasal maddenin levha üzerinde yanmaya karşı dayanımını artırması ve yanma üzerindeki olumlu etkisinden kaynaklanmaktadır.

Yukarıda verilen kimyasal madde türü ve konsantrasyonlarına göre yapılan tüm TGA testleri sonucunda kalan madde miktarının kontrol örneğine kıyasla arttığı ve bunun konsantrasyon oranının artması ile de fazlaştığı görülmektedir. Kimyasal madde konsantrasyonunun artması ile ağırlık kaybında düşüş olmaktadır.

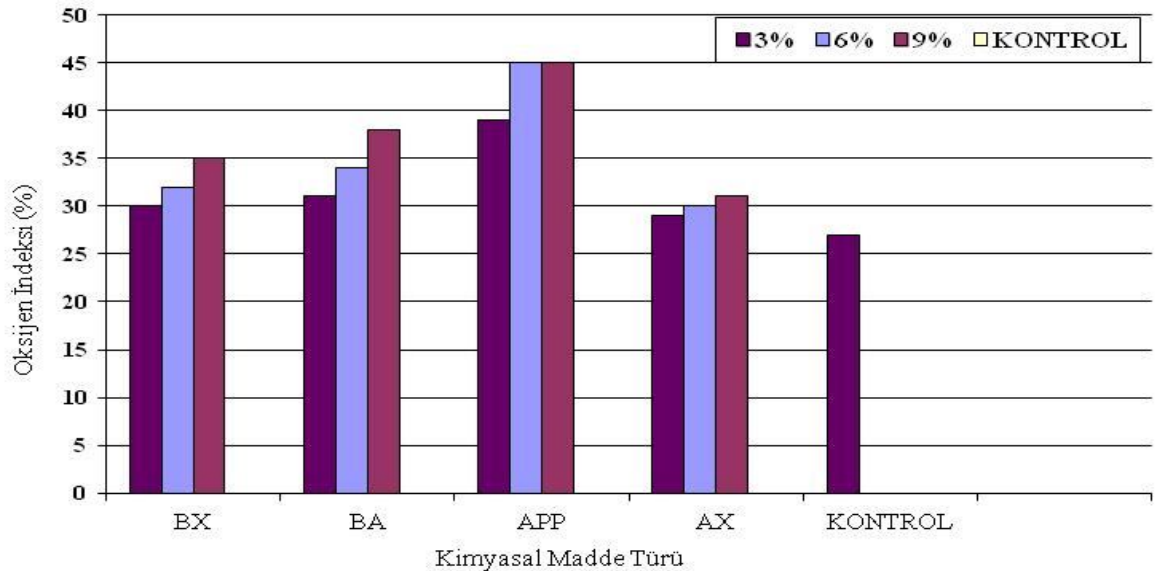
Literatürde yapılan araştırmalarda yanmayı geciktirici özellikteki tüm inorganik kimyasal maddeler yanma koşullarını olumlu etkilemektedirler. FR kimyasal maddeleri yanma sıcaklığını ısıya maruz kaldıklarında ekzotermik reaksiyon yoluyla absorbe etmekte ve ortamın yanma sıcaklığını düşürmektedir. FR kimyasalı olarak amonyum esaslı ve fosforlu bileşiklerin daha etkili olduğu, bu bileşiklerin termal bozunma sıcaklığını değiştirmek suretiyle yanıcı gazların miktarını azalttığı ve kömür oluşumunu artırarak yanmaya karşı dayanımı artırdığı bildirilmiştir (Tramtzis ve ark., 2002; Stevens ve ark., 2006). Literatürde BA, BX, DAF, MAF, ZNB kimyasallarının kompozit malzemeler üzerinde yanmayı geciktirici etkisinin olduğu, özellikle MAF'ın yanma esnasında kömürleşme oranını artıran en etkili kimyasallardan biri olduğu bildirilmiştir (Kılınç ve Bayram, 2006; Liu, 2004).

Şekiller incelendiğinde FR kimyasalı deneme levhalarının özellikle düşük sıcaklıklarda kontrol gruplarına kıyasla biraz daha yüksek ağırlık kaybına sebep olduğu görülmektedir. Çünkü kontrol grubu örnekleri bu düşük sıcaklıkta yapısında tuttuğu absorbe suyu salıvermekte ve yapısında önemli bir kimyasal reaksiyon meydana

getirmemektedir (Wang ve ark., 2004). Wang ve ark. (2004), Quainidin fosfat ve borik asit kullandıkları bir çalışmada düşük sıcaklık esnasında ağırlık kaybının kontrol örneğinden daha fazla olduğunu ancak sıcaklığın artması ile kontrol örneğindeki ağırlık kaybının hızla arttığı kimyasal madde muameleli örneklerde ise bu oranın aynı hızda olmayıp düştüğü belirtilmiştir. Spirckel ve ark. (2002), yapmış olduğu çalışmada ağırlık kayıplarının 300–350 °C hızlı olduğu ama kimyasal madde türü ve miktarına bağlı olarak iyileşmelerin olduğu, 500 °C’ den sonra ise değişimlerin çok daha yavaş olduğu bulunmuştur. Verilen grafiklerde incelendiğinde Spirckel ve arkadaşlarının çalışmasına paralel bir durum gözlemlenmiştir. Kimyasal maddeli deneme levhaları 300 °C’ den sonra daha yavaş ve kademeli bir bozunma göstermekte iken kontrol grubunda bu bozunma daha keskin ve hızlı görülmektedir. Bozunma 500 °C kadar hızlı devam etmiş ve burada kimyasal maddelerin etkisi daha iyi tespit edilebilmiştir. Fakat 500 °C den sonra ise bozunma daha stabil devam etmiş kimyasal maddeli deneme levhalarında ağırlık kaybı kontrol örneğine kıyasla daha yüksek oranda olmuştur.

3- Limit Oksijen İndeksi Test Değerlerinin İrdelenmesi

Farklı konsantrasyonlarda yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarına ait ortalama oksijen indeksi değerleri Şekil 3.48’ de verilmiştir.



Şekil 3.48. Farklı konsantrasyonlardaki çeşitli kimyasal maddelerle üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama limit oksijen indeksi değerleri

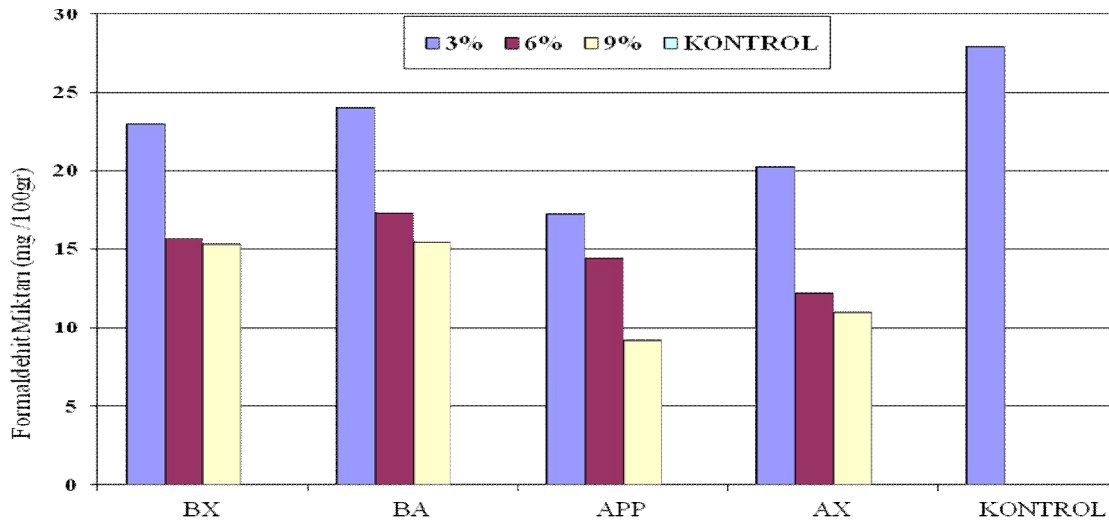
Şekil 3.48 incelendiğinde tüm yanmayı geciktirici kimyasal maddeler artan konsantrasyonlarına bağlı olarak oksijen indeksi değerlerini artırmışlardır. En etkili

kimyasal madde amonyum polifosfat olmuştur. Bor bileşikleri de oksijen indeksi üzerine etkili olmasına karşın borik asit borakstan daha etkili olmuştur.

Yapılan çalışmalarda borlu bileşiklerin yanma ve oksijen indeksini olumlu etkiledikleri bilinmektedir. Baysal (2002) %4.7 lik borik asit ile emprenye etmiş olduğu sarıçam odunlarının oksijen indeksi değerinin belirlemiş, kontrol örneğine kıyasla bu değer arttığını ve %35.1 olduğunu tespit etmiştir. Yalınkılıç (2000) borlu bileşiklerin oksijen indeksi üzerine etkisini araştırdığı çalışmada kontrol örneğine göre borlu bileşiklerle muamele edilen deneme numunelerinin oksijen indeksi değerlerinin arttığını ve borik asitte bu değer %31.0 olduğunu belirtmiştir. Çavdar ve ark., (2008) borik asit ile emprenye edilen yongalardan elde edilen levhalarla ve üretim sonrası yongalevhaların borik asit ile emprenye edilmesini karşılaştırdıkları çalışmada, her iki yöntemin oksijen indeksi değerini fark edilir şekilde artırdıklarını tespit etmişlerdir. Kontrol örneği oksijen indeksi değeri %27 iken, emprenyeli yongalardan elde edilen yongalevha %44, üretim sonrası emprenye edilen levhanın %45 olduğu bulunmuştur. Sain ve ark., (2004) alev geciktirici kullandıkları çalışmada kompozit malzemelerde alev geciktiricili örneklerin kontrol örneğine göre oksijen indeksi değerinin arttığını ve %50 yanmaya karşı daha dayanıklı olduklarını belirtmişlerdir.

3.2.5. Serbest Formaldehit Emisyon Testi

Farklı konsantrasyonlardaki çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ilave edilerek üretilen deneme levhalarının serbest formaldehit miktarındaki değişimler perferatör testine göre belirlenmiş ve kontrol örneğine ait ortalama değerler ile karşılaştırmalı olarak Şekil 3.49' da verilmiştir.



Şekil 3.49. Farklı konsantrasyonlardaki çeşitli kimyasal maddelerle üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama serbest formaldehit emisyonu değerleri

Şekil 3.49' da görüldüğü üzere tüm kimyasal maddelerle muamele edilmiş deneme örneklerindeki serbest formaldehit miktarı kontrol örneğine (27.97mg/100gr) göre daha düşük çıkmıştır. Serbest formaldehit miktarı üzerine amonyum polifosfat (9.14 mg / 100gr) etki ederken ilave edilen kimyasal maddelerden etkinliği en az olan ise borik asit olmuştur (15.40 mg/100gr). Konsantrasyon miktarındaki artışa karşılık serbest formaldehit miktarında azalma olduğu görülmektedir. Ahşap esaslı levhaların yüzeyi kaplama malzemeleri ile kaplandığında TVOC emisyonu azalmamakta ama formaldehit emisyonu azalmaktadır. Lignoselülozik yüzey materyalleri ile kaplanmamış levhalarda TVOC ve formaldehit miktarının MDF' den daha düşük olduğu görülmektedir (Kim ve ark., 2009). Üreformaldehit tutkalına boraks katılması sonucunda elde edilen MDF levhalarında formaldehit emisyonunda azalma olduğu belirlenmiştir (Özalp, 2010a). Çolak ve Çolakoğlu (2004), mol oranı 1/1.32 ve 1/1.74 olan üreformaldehit tutkalına bor bileşiklerini katmak suretiyle yapmış oldukları kontrplak üretme denemelerinde mol oranı yüksek olan üreformaldehit tutkalının, mol oranı düşük olan üreformaldehit tutkalına nazaran daha fazla formaldehit emisyonu oluşturduğunu belirlemişlerdir. Üreformaldehit tutkalı içerisine boraks ve atık pet şişe tozları katılması ile elde edilen kontrplak levhada serbest formaldehit içeriğinde azalma olduğu belirlenmiştir (Özalp, 2010b). Üreformaldehit tutkalına boraks eklenmesi suretiyle elde edilen kontrplak levhalarda serbest formaldehit içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir (Özalp, 2010).

Nemli (2000), yüzeylerin melamin emdirilmiş kağıtlarla kaplanmasına bağlı olarak serbest formaldehit miktarının önemli bir oranda azaldığını, bu azalmanın sebebinin ise yüzeyin örtülmesi ve pres sıcaklığına bağlı olarak presteki emisyonun artmasından kaynaklandığını bildirmiştir.

Amerikan Ulusal Araştırma Konseyinin 'küçük açık alevler' denilen kibrit, mum vb. gibi kaynaklardan oluşabilecek yangınlara karşı dayanıklılığı sağlamak amacı ile yaptığı çalışmada mobilya yapımında 16 farklı yangın geciktirici kullanılmıştır. Formaldehit miktarı salıvermesi açısından amonyum polifosfat ve çinko boratın insan sağlığı için daha az zararlı ve en uygun yangın geciktirici kimyasal olduğu bildirilmiştir (Aksakal ve ark., 2005).

Ahşap esaslı levhaların kullanımı esnasında formaldehit çıkışı bir süre devam edeceğinden insan sağlığı açısından serbest formaldehit içeriğinin belli standartlar içerisinde olması gerekmektedir.

Odun esaslı panellerin üretiminde, levha taslağının sıcak presleme aşamasında gerek yarıda kalan kondenzasyon reaksiyonu gereği metilol üre yapıları arasında ve gerekse de polimerleşen tutkal ile odunu oluşturan lif yüzeylerindeki karbonhidratların C₆'daki OH, halka oksijeni ve köprü oksijeni arasında bağlanma kurulacaktır. Bu yapılar arasında kurulan bağlar kondenzasyon reaksiyonunun gereği olarak ya sadece su ya da su ile formaldehit açığa çıkaracaktır. Burada ortaya çıkan formaldehit kondenzasyon reaksiyonunun sonucu olarak metilol üre yapıları arasında -CH₂- şeklindeki bağlanmayla gerçekleşir. Bu oluşum pres sıcaklığı, pres basıncı ve ortam pH'ına bağlı olarak gerçekleşir (Boran ve ark. 2010).

Tutkal içerisinde formaldehitin kalması, üretilen tutkalın mol oranına, üretim sonrası uygulanan vakumun büyüklüğüne ve uygulama şekline bağlıdır.

Sonuç olarak; üretilen levhalardan formaldehit yayılmasının ana sebebi, tutkal üretim aşamasında levha içerisinde kalan formaldehit ya da preste devam ettirilen kondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşan formaldehitten dolayıdır. Ayrıca, üretilen levhaların kullanım sırasında rutubete maruz kalmaları sonucu özellikle, selülozun C₆'daki OH grubuyla polimerleşen bağlanmalarda formaldehit bozunmaları söz konusu olmaktadır. Formaldehit yayılımına bu tür bir bozunmada neden olmaktadır. Levhalardan ortama formaldehit yayılması ortamın sıcaklığı ve rutubet miktarı ile de yakından ilgilidir (Aksakal ve ark., 2005).

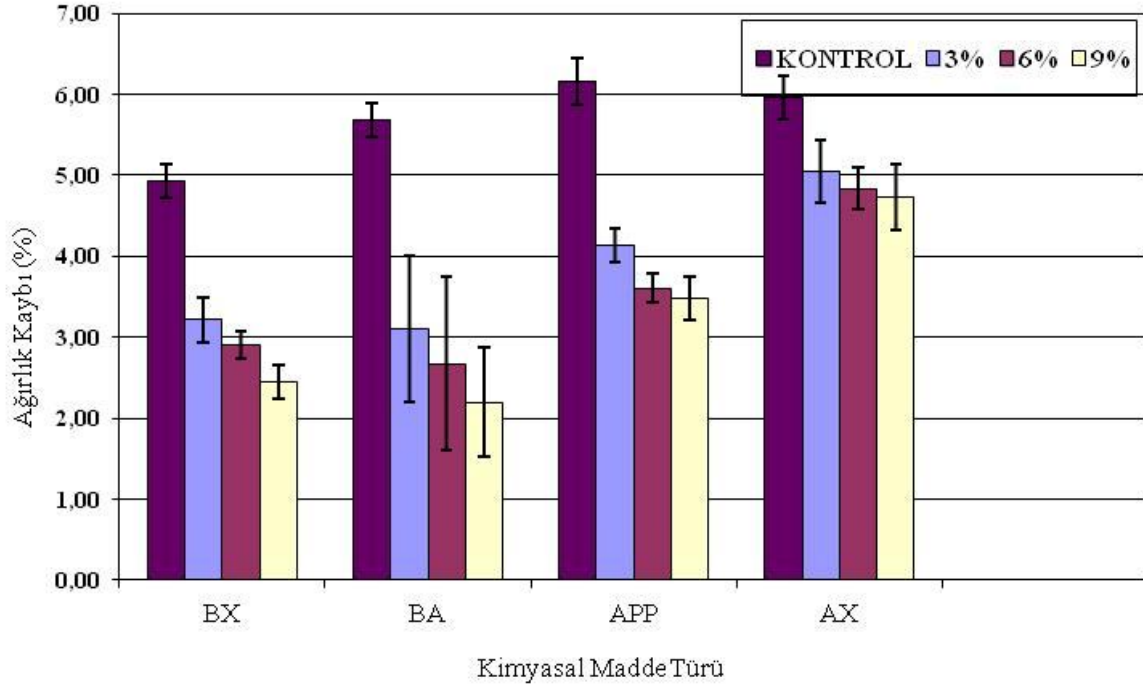
Formaldehit emisyonun miktarına etki eden faktörlerin en önemlileri; odun türü, pres şartları, tutkal miktarı, tutkalın üre-formaldehit (Ü/F) mol oranı, sertleştirici türü ve depolama süresidir (Pizzi, 1994).

Serbest formaldehiti azaltma yöntemleri:

- 1- Tutkal içerisine formaldehit tutucuları katmak
- 2- Üre formaldehit tutkallarına belli oranlarda melamin ilavesi yapmak
- 3- ÜF reçinesinde Formaldehit/mol oranının azalmasıyla formaldehit emisyonu önemli oranda azalma göstermektedir.
- 4- Basit üre-formaldehit tutkallarına, hızlandırıcı katmak, yüksek Ü/F kondenzasyonlu ön polimerlerin oluşturduğu basit üre formaldehit karışımları ve absorplayıcı kullanmak
- 5- Özellikle sıcak presleme esnasında odundan ayrılan asetil gruplarının oranının artmasıyla formaldehit emisyonu azalmaktadır

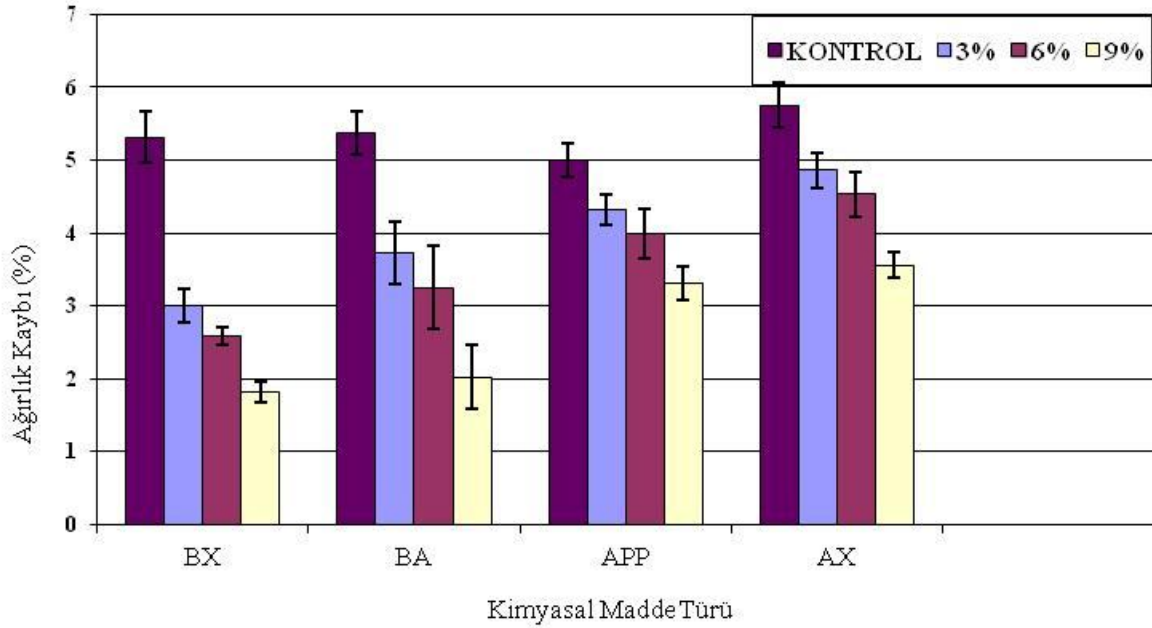
3.2.6. Mantar Çürüklük Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilen deney levhaları beyaz çürüklük mantarı *Ceriporiopsis Subvermisphora* ve esmer çürüklük mantarı *Coniophora Puteana* mantarına maruz bırakılan deneme levha grupları ve kontrol örneklerine ait ağırlık kayıpları Şekil 3.50 ve 3.51’ de verilmiştir.



Şekil 3.50. Yanmayı geciktirici kimyasallarla muamele edilen laminat parke deneme levhalarının *Ceriporiopsis Subvermisphora* mantarına maruz kalması ile oluşan ağırlık kaybı değerlerindeki değişim

Beyaz çürüklük mantarı ile yapılan mantar çürüklük deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri üzerinde kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun etkileri Çizelge 3.65’ de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde tüm kimyasal madde ve konsantrasyon oranlarının deneme levhası değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Kimyasal madde konsantrasyonlarının artışı ile bu oranın azaldığı belirlenmiştir. En fazla ağırlık kaybı %3 alfa-x (% 5.05), en az ağırlık kaybı ise %9 borik asit (%2.20) kimyasalında elde edilmiştir. Beyaz çürüklük mantarı için en iyi koruma borik asit tarafından sağlanmıştır. Ustaömer (2008) boraks ve borik asit kimyasallarının %5 ve %10 çözeltileri ile MDF’ yi emprenye yaptığı çalışmada sırasıyla mantar çürüklük sonucu olarak boraks için %2.29 ve %1.48 borik asit için %4.65 ve %3.86 değerlerini bulmuşlardır. Şimşek ve ark. Doğu Kayını ve Sarıçam odununu bor bileşikleri ile %0.25, %0.50, %1.5 ve %3.00 oranlarındaki çözeltileri ile emprenye etmiş %3 oranında Doğu Kayını %2.75, Sarıçam ise %2.61 oranında kütle kaybı olduğunu bulmuşlardır.



Şekil 3.51. Yanmayı geciktirici kimyasallarla muamele edilen laminat parke deneme levhalarının *Coniophora Puteana* mantarına maruz kalması ile oluşan ağırlık kaybı değerlerindeki değişim

Kahverengi çürüklük mantarı ile yapılan mantar çürüklük deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri üzerinde kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun etkileri Çizelge 3.66' da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde tüm kimyasal madde ve konsantrasyon oranlarının deneme levhası değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Kimyasal madde konsantrasyonlarının artışı ile bu oranın azaldığı belirlenmiştir. En fazla ağırlık kaybı %3 alfa-x (%4.86), en az ağırlık kaybı ise %9 boraks kimyasalında (%1.82) elde edilmiştir. Kahverengi çürüklük mantarı için en iyi koruma boraks tarafından sağlanmıştır.

Oduun, mantarlara karşı doğal olarak korumasını içerdikleri ekstraktif maddelere bağlı olarak gerçekleştirirler (Eaton ve Hale, 1993). Bu yönden zayıf olan odunlar kullanım ömürlerini ve performanslarının artırılması için bor bileşikleri ile muamele edilirler. Mantar çürüklüğüne karşı bor bileşiklerinin etkililik derecesi içerdikleri bor miktarı ile ilgili olmaktadır. Bor iyonları hücre çeperlerine kolaylıkla nüfuz edebilmekte ve burada karmaşık yapı oluşturarak, yaşayan organizmalarda açlık etkisi meydana getirerek zararlı olabilmektedirler. Odun çürüme zararlılarına karşı hassastırlar (Ruberg ve ark., 2009).

Özellikle, döşeme laminatlarının üretiminde formaldehit reçine ile doyurulan üst katman (overlay) gümüşle muamele edilmiş koloidal ile kaplanması hamam böceğine karşı dayanımı ve antibakteriyel özellikleri arttırmaktadır (Sumin ve Hyun-Joong, 2006).

Bor bileşiklerinin bazı diğer yanmayı geciktirici kimyasallara nazaran tercih edilme sebebi mekanik özellikler üzerine daha az etki etmesi, nötr pH ve koruyucu etkililiğinden dolayıdır (LeVan, Tran, 1990).

Ancak birçok boratın önemli bir kullanım dezavantajı suda çözünabilir ve kolayca yıkanabilir özellik taşımasıdır (Barnes ve Amburgey, 1993; Murphy ve ark., 1993; Laks ve Manning, 1997; Tsunoda ve ark., 2002).

Hafren (2009), ahşap esaslı levhalar bor bileşiklerinden dolayı odundan daha dayanıklıdır (Curling ve Murphy, 1999). Boratla muamele edilen numune örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla mantar çürüklüğüne karşı önemli ölçüde azalma olduğunu bulmuşlardır (Şimşek ve ark., 2010). Tsunoda (2002), yapmış olduğu çalışmada MDF levhasını çinko boratla muamele etmiş ve çürüklük mantarı ve böcek zararlılarına karşı ağırlık kaybında önemli ölçüde bir azalma olduğunu bildirmiştir.

Bor bileşikleri mantarlarda hüflerin ve sporların anormal gelişimine ve üreme sırasında gametlerin ayrılmasında başarısızlığa neden olarak mantar gelişmesini durdurmaktadırlar. Aynı zamanda oksit formundaki ko-enzimler bor iyonlarının hedefi olarak, mantar organizmasının metabolik sistemini de bozmaktadırlar (Lloyd, 1998).

HDF levhalara kıyasla laminat parke deneme levhalarının yüzeylerinin overlay, dekor ve balans kağıtları ile kaplanmış olması mantar zararlılarına karşı etkili olmuştur. Lif levhaların yüzeylerinin kaplanması ile rutubet ve su alması azalacaktır. Formaldehit, böcek öldürücü gibi zararlı gazların salıverilmesi ortadan kalkacak ve mekanik özellikler artacaktır (Nemli, ve ark., 2005).

Nemli ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada yüzeyi kaplanmış panellerin yapışma özelliği hariç fiziksel, mekanik özelliği kadar çürüklük mantarlarına karşı da direnç özelliklerinin arttığını bulmuşlardır.

Yüzeyi kaplanmış levhalar çürüklük direncini artırır. Çürüklük mantarları odun hücrelerine ulaşamazlar. Ayrıca yüzey kaplama malzemelerindeki formaldehit de çürüklük mantarına karşı etkili olmaktadır (Yusuf, 1996; Yalınkılıç ve ark., 1996).

Kartal ve ark. (2007), borik asit, boraks ile %3 ve %6, mono ve di amonyum fosfat ile %3 ve %11 oranlarında muamele ettikleri kontrplak levhalarda mantar ve böcek zararlılarına karşı borik asit ve boraks, mono ve di fosfat amonyuma göre daha etkili olduğunu belirlenmişlerdir.

Fosfor içeren mono ve di, polyamonyum fosfatlar gibi kimyasallar güçlü yangın geciktirici olarak odun ve oduna dayalı levhalarda kullanılırlar (Grexa ve ark., 1999).

Borat olarak sodyum tetraflorborat, amonyumtetraflorborat ve amonyum pentaboratoktahidratın %0.25, %0.50, %1.50, %3.00 oranlarındaki sulu çözeltileriyle muamele edilen kayın ve çam örneklerinde mantar çürüklüğü araştırılmıştır. Boratla muamele edilen numune örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla mantar çürüklüğüne karşı önemli ölçüde azalma olmuştur (Şimşek ve ark., 2010).

OSB levha da çürüklük mantarına karşı %2, %4, ve %6 oranlarında, disodium octaborate tetrahydrate (DOT), borik asit (BA), melamine phosphate (MP) ve BA/DOT karışımı kullanılmıştır. OSB levha deney örnekleri üzerine püskürtme şeklinde muamele edilmiştir. Beyaz ve kahverengi çürüklük mantarına karşı OSB levhalarının ağırlık kaybının önlenmesinde oldukça etkili olmuşlardır (Ayrılmış ve ark., 2005).

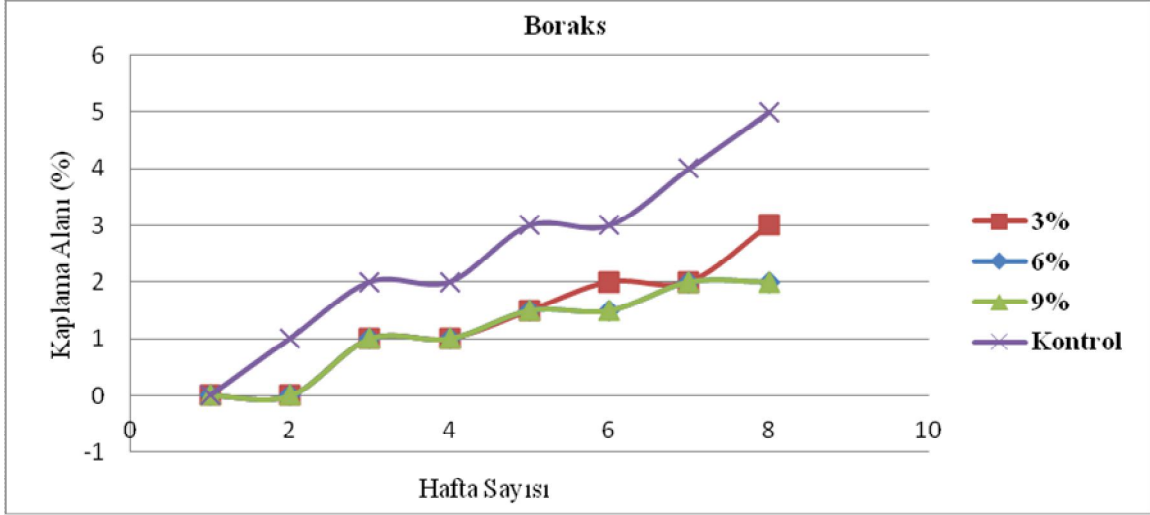
Dodecyl dimethyl ammonium tetrafluoroborate (DDAC) ve didecyldimethyl ammonium chloride (DDAC) empenye maddeleri ile empenye edilen kontrplağın çürüklük mantarı üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Sonuçta; T. Palustris ve T. Versicolor mantarlarına maruz bırakılan empenye edilmemiş kontrplak örneklerinde meydana gelen ortalama ağırlık kaybı %31.9 ve %29.4 olarak bulunmuştur. DDAC ile empenye edilen kontrplak örneklerinde DBF ile empenye edilenlere göre her iki mantar türünde de önemli derecede daha yüksek ağırlık kayıpları meydana gelmiştir (Kartal ve ark., 2008a).

Amonyak bileşikleri(didecyl dimethyl ammonium chloride (DDAC) ve didecyl dimethyl ammonium tetrafluoroborate (DBF)) ve yaygın olarak kullanılan yangın geciktiriciler (monoammonium phosphate (MAP), diammonium phosphate (DAP) ve ammoniumsulphate (AS)) odun ve kontrplak örnekleri ile %1 ve %4 oranlarında sulu çözelti halinde empenye edilerek çürüklük testi yapılmıştır. Beyaz ve kahverengi çürüklük mantarları ile yapılan testlerde DDAC ve DBF odunda çürüklüğe karşı direnç gösterirken, MAP, DAP ve AS tamamen koruma sağlayamamışlardır. Kontrplak örneklerinde ise DBF ve DDAC direnci artırırken MAP, DAP ve AS ile muamele edilen kontrplak örneklerinde ise yüksek kütle kayıpları belirlenmiştir (Terzi ve ark., 2009). Yangın geciktiricilere kıyasla amonyak bileşikleri çürüklük mantarına karşı daha etkili olmuşlardır.

3.2.7. Küf Mantarı Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

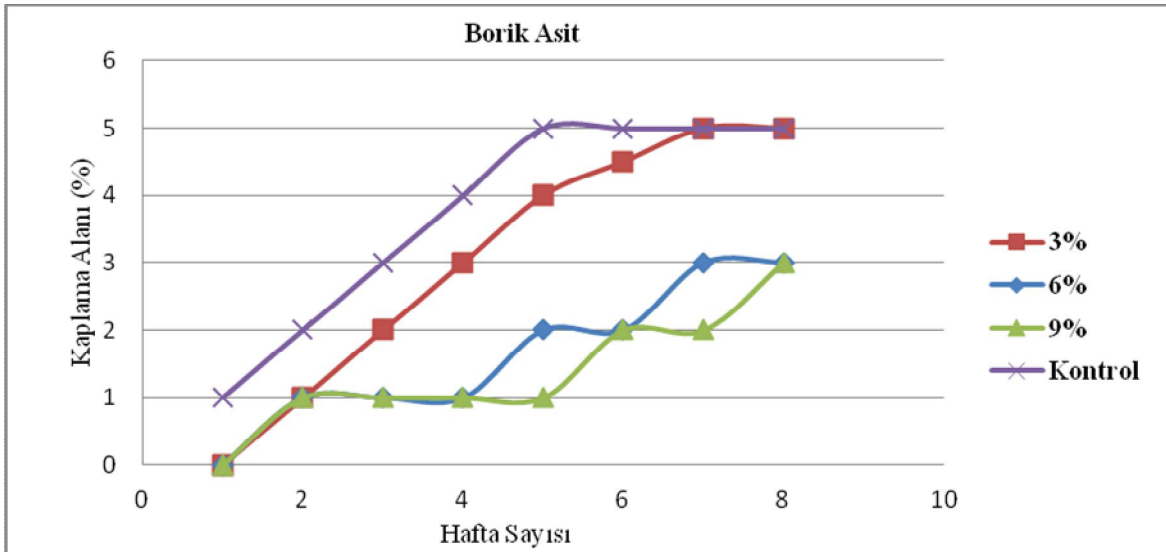
Aerobasidium pullulans ve *Aspergillus niger* küf mantarı ile yapılan test sonucunda elde edilen kaplama değerleri (%) üzerinde kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun

etkileri Çizelge 3.71 ve 3.72’ de verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde tüm kimyasal madde ve konsantrasyon oranlarının deneme levhası değerlerinden daha düşük oranda ilerlediği görülmektedir. Kimyasal madde konsantrasyonlarının artışı ile bu oranın azaldığı belirlenmiştir. Aşağıda *Aerobasidium pullulans* küf mantarı ile yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Boraks ile elde edilen sonuçlar aşağıdaki Şekil 3.52’ de gösterilmiştir.



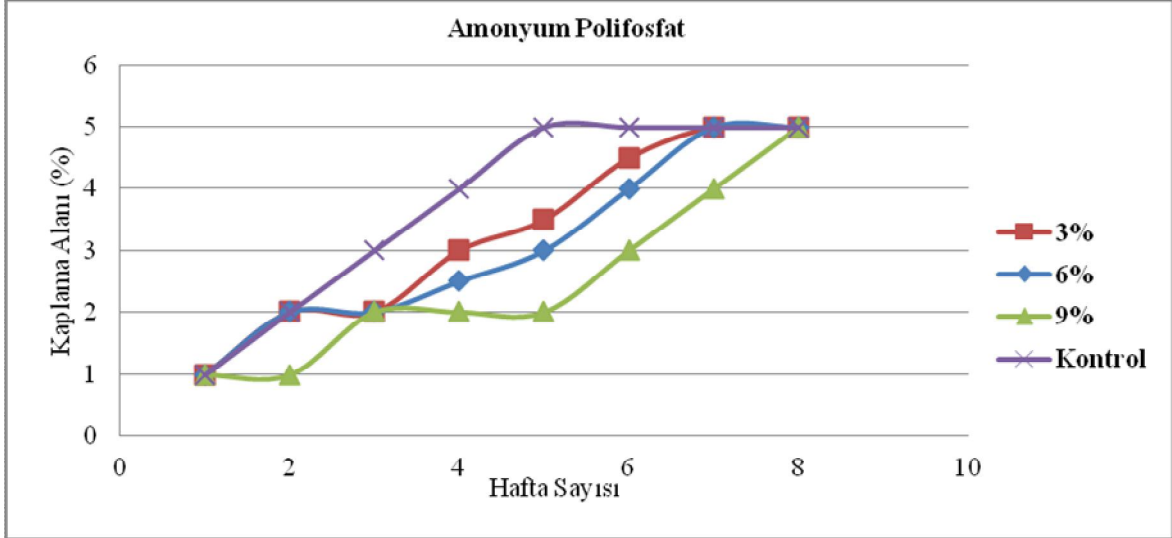
Şekil 3.52. Farklı konsantrasyonlarda boraks kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama *Aerobasidium pullulans* küf mantarı değerleri

Şekil 3.52’ de görüldüğü üzere kontrol örneği 8 hafta sonunda skala değeri 5’ e ulaşırken, boraks kimyasalı ilaveli deneme örneklerinde ise konsantrasyon oranının artması ile bu yayılmanın azaldığı belirlenmiştir. Borik asit ile elde edilen yüzeyi kaplama % oranı aşağıdaki Şekil 3.53’ de gösterilmiştir.



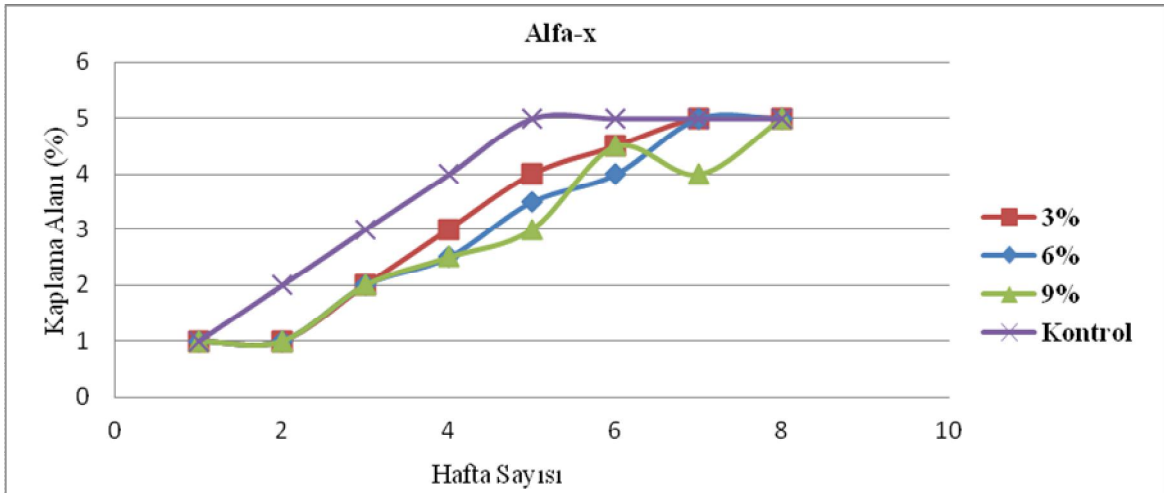
Şekil 3.53. Farklı konsantrasyonlarda borik asit kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama *Aerobasidium pullulans* küf mantarı değerleri

Borikasit ilaveli deneme örnekleri kontrol örneğine kıyasla artan kimyasal konsantrasyon oranına bağlı olarak küflenme miktarında azalma göstermiştir. Kontrol örnekleri 5 hafta sonunda skala değeri 5' e ulaşırken %9 borik asit deneme örnekleri 5 hafta sonunda skala değeri 1' de görülmektedir. 8 hafta sonunda ise skala değeri 3 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.54. Farklı konsantrasyonlarda amonyum polifosfat kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama *Aerobasidium pullulans* küf mantarı değerleri

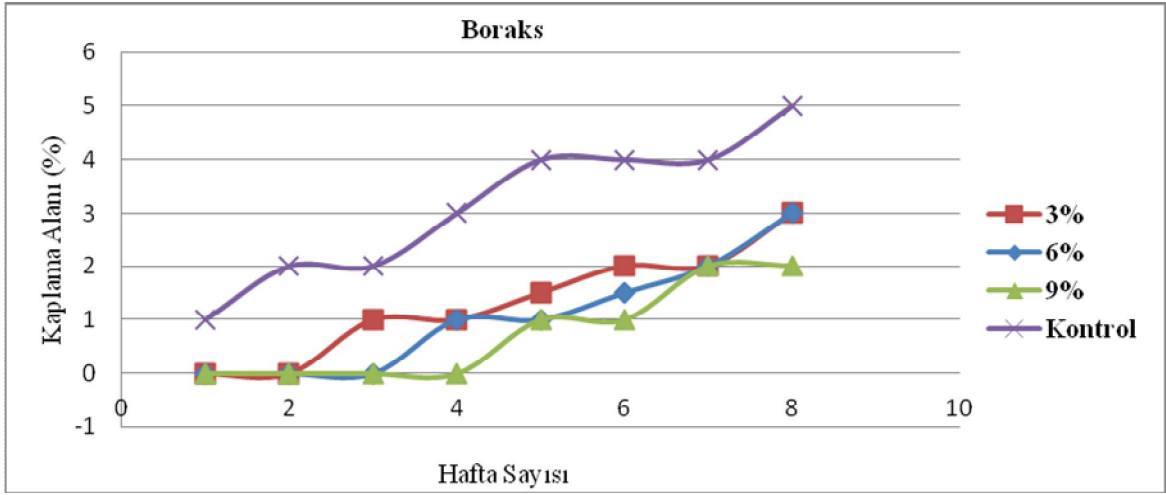
Amonyum polifosfat kullanılan deneme örneklerinde küf mantarı kontrol örneğinde 5. haftada skala değeri 5' e ulaşmış ama kimyasal madde ilaveli deneme örneklerinde ise 8. hafta sonunda skala değeri 5' e ulaşmıştır. Bu artış kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak daha yavaş ilerlemiştir. Amonyum polifosfatın küf mantarı üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.55. Farklı konsantrasyonlarda alfa-x kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama *Aerobasidium pullulans* küf mantarı değerleri

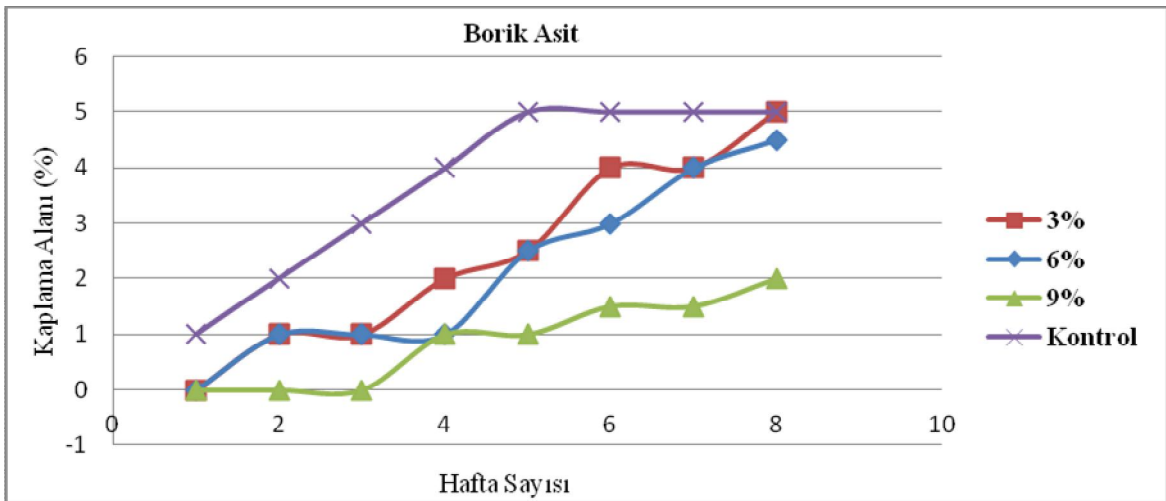
Şekil 3.55’ de görüldüğü üzere kontrol örneğine kıyasla, alfa-x kimyasalının küf mantarı ilerlemesi üzerinde yavaşlatıcı etkisinin olduğu görülmektedir. Konsantrasyon artışının da bu yavaşlatmayı arttırdığı belirlenmiştir.

Aspergillus niger küf mantarı ile yapılan test sonuçları yanmayı geciktirici kimyasal maddelere göre aşağıda verilmiştir. Boraks ile elde edilen sonuçlar aşağıdaki Şekil 3.56’ da gösterilmiştir.



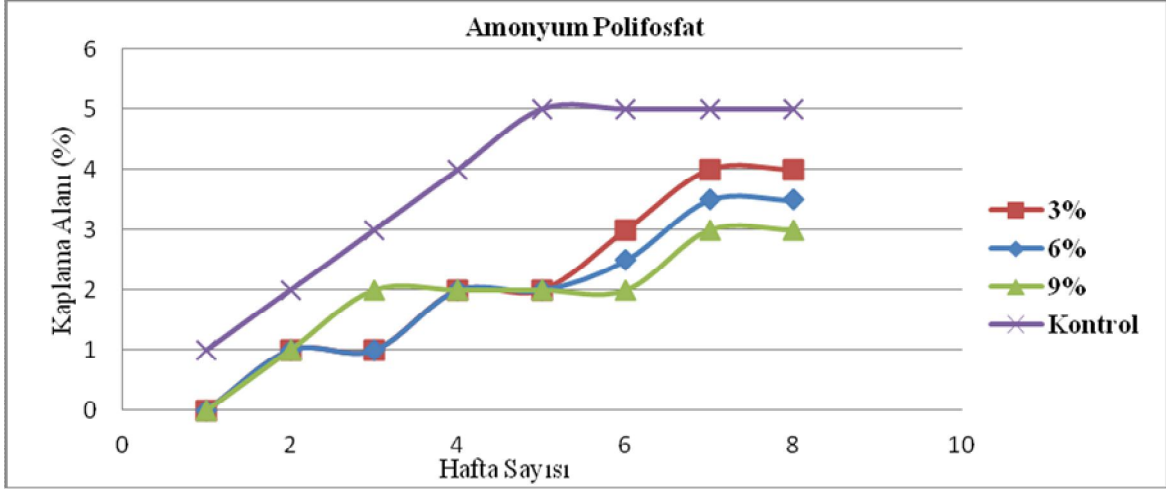
Şekil 3.56. Farklı konsantrasyonlarda boraks kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama *Aspergillus niger* küf mantarı değerleri

Şekil 3.56’ da görüldüğü üzere kontrol örneği 8 hafta sonunda skala değeri 5’ e ulaşırken, boraks kimyasalı ilaveli deneme örneklerinde ise konsantrasyon oranının artması ile bu yayılmanın azaldığı belirlenmiştir. 8 hafta sonunda boraks %9 skala değeri 2 olarak bulunmuştur. Borik asit ile elde edilen yüzeyi kaplama % oranı aşağıdaki Şekil 3.57’ de gösterilmiştir.



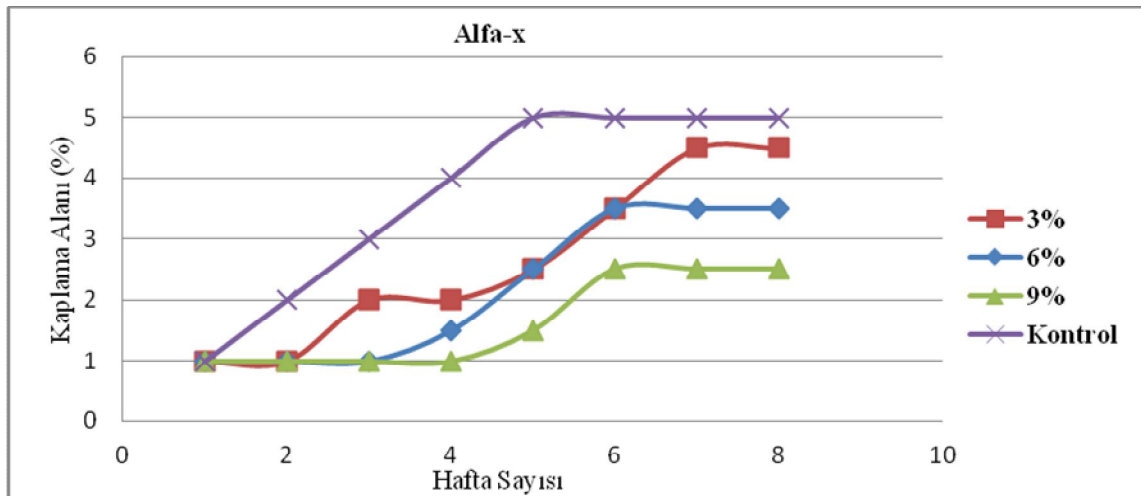
Şekil 3.57. Farklı konsantrasyonlarda borik asit kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama *Aspergillus niger* küf mantarı değerleri

Borikasit ilaveli deneme örnekleri kontrol örneğine kıyasla artan kimyasal konsantrasyon oranına bağlı olarak küf miktarında azalma göstermiştir. Kontrol örnekleri 5 hafta sonunda skala değeri 5' e ulaşırken %9 borik asit deneme örnekleri 5 hafta sonunda skala değeri 1'de görülmektedir. 8 hafta sonunda ise skala değeri 2 olarak bulunmuştur. Amonyum polifosfata ait küf yayılma miktarı Şekil 3.58' de verilmiştir.



Şekil 3.58. Farklı konsantrasyonlarda amonyum polifosfat kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama *Aspergillus niger* küf mantarı değerleri

Amonyum polifosfat kullanılan deneme örneklerinde küf mantarı kontrol örneğinde 5. haftada skala değeri 5' e ulaşmış ama kimyasal madde ilaveli deneme örneklerinde ise 8. hafta sonunda skala değeri 3' e ulaşmıştır. Bu artış kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak daha yavaş ilerlemiştir. Amonyum polifosfatın küf mantarı üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Alfa-x kimyasalı ilave edilmiş küf mantarı yayılma miktarı Şekil 3.59' da gösterilmiştir.



Şekil 3.59. Farklı konsantrasyonlarda alfa-x kimyasal madde ilavesi ile üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama *Aspergillus niger* küf mantarı değerleri

Şekil 3.59’ da görüldüğü üzere kontrol örneğine kıyasla, alfa-x kimyasalının küf mantarı ilerlemesi üzerinde yavaşlatıcı etkisinin olduğu görülmektedir. Kontrol örneği 5. haftada 5 skala değerine ulaşırken Alfa-x %9 deneme örnekleri 1.5 skala değerine ulaşmıştır. Alfa-x konsantrasyon artışının küf mantarı kaplama alanı miktarında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

3.3. Test Sonuçları

Yanmayı geciktirici amaçla kullanılan çeşitli kimyasal maddelerin toz halinde liflerin arasına belirli oranlarda ilave edilmesi ile elde edilen laminat parke levha örneklerine ait belirlenen fiziksel ve mekanik özelliklere ait tüm test sonuçları Çizelge 3.78’ de yanma dayanımı, TGA, LOI ve formaldehit emisyonu test sonuçları Çizelge 3.79’ da ve mantar çürüklük test sonuçları Çizelge 3.80’ de verilmiştir.

Çizelge 3.78. Laminat parke levha örneklerinin fiziksel ve mekanik test sonuçları

FİZİKSEL ve MEKANİK TESTLER	KİMYASAL MADDE												
	BORAKS			BORİK ASİT			A.POLİFOSFAT			ALFA-X			KONTROL
	%3	%6	%9	%3	%6	%9	%3	%6	%9	%3	%6	%9	%0
Su alma 2 saat (%)	2.54	3.10	3.25	2.20	2.93	3.17	2.11	2.31	2.46	2.07	2.20	2.60	2.05
Su alma 24 saat (%)	11.41	12.07	12.51	11.03	11.50	12.37	11.31	12.80	12.94	10.57	10.93	11.54	10.33
Kalınlığına şişme 2 saat (mm)	3.15	3.69	4.09	2.85	3.13	3.38	2.98	3.31	3.41	2.89	3.01	3.21	2.48
Kalınlığına şişme 24 saat (mm)	5.80	6.23	6.39	5.63	5.83	5.93	5.50	6.79	6.85	5.20	5.34	5.48	4.93
Isı iletkenliği (W/m ² K)	0.218	0.242	0.243	0.216	0.244	0.282	0.243	0.257	0.258	0.241	0.253	0.259	0.207
Eğilme direnci (N/mm ²)	50.11	45.71	43.74	52.22	46.88	42.38	47.42	41.52	39.66	49.63	47.87	45.09	55.00
Elastikiyet modülü (N/mm ²)	3401	3185	2574	3688	3269	2991	3392	3271	3080	3384	3282	3076	3818
Dik çekme (N/mm ²)	2.68	2.42	2.33	2.78	2.70	2.50	2.28	1.91	1.79	2.57	2.07	1.40	2.85
Yüzey sağlamlığı (N/mm ²)	1.18	1.14	0.81	1.05	0.85	0.75	0.94	0.69	0.65	1.25	1.05	0.90	1.24

Çizelge 3.79. Laminat parke levha örneklerinin yanma dayanımı, TGA ve formaldehit emisyonu test sonuçları

YANMA DAYANIMI, TGA ve FORMALDEHİT TESTLERİ	KİMYASAL MADDE												
	BORAKS			BORİK ASİT			A.POLİFOSFAT			ALFA-X			KONTROL
	%3	%6	%9	%3	%6	%9	%3	%6	%9	%3	%6	%9	%0
AKY Ağırlık kaybı (%)	27.82	25.56	22.38	34.53	29.04	23.65	26.50	24.23	22.86	33.46	28.59	24.35	42.64
AKY Sıcaklık (°C)	637	493	460	615	539	483	613	491	459	641	548	498	693
AKY Oksijen miktarı (%)	18.27	19.08	19.41	18.75	19.13	19.32	19.33	19.52	19.73	18.69	18.91	19.42	17.65
AKY CO miktarı (ppm)	2594	1663	1233	2714	1723	1111	1434	1127	840	2723	1783	1272	3075
KKY Ağırlık kaybı (%)	81.44	71.63	66.52	82.56	76.17	66.17	72.80	63.75	47.28	79.92	76.41	70.15	84.27
KKY Sıcaklık (°C)	110	101	93	101	95	90	98	89	84	117	106	99	150
KKY Oksijen miktarı (%)	20.28	20.44	20.52	19.50	19.73	20.25	19.77	20.33	20.47	20.17	20.25	20.46	19.26
KKY CO miktarı (ppm)	3475	3209	3080	3533	3316	3174	3213	2918	2479	3473	3238	3087	3752
TGA Ağırlık kaybı (%)	76.20	72.70	71.20	75.90	69.40	67.00	71.00	67.50	67.10	75.20	75.10	73.90	79.00
LOI miktarı (%)	30	32	35	31	34	38	39	45	45	29	30	31	27
Formaldehit emisyon (mg/100gr)	23.02	15.69	15.27	23.99	17.29	15.40	17.27	14.42	9.14	20.24	12.19	10.97	27.97

Çizelge 3.80. Laminat parke levha örneklerinin mantar çürüklük test sonuçları

MANTAR TÜRLERİ	KİMYASAL MADDE VE ORANLARI											
	BORAKS			BORİK ASİT			A.POLİFOSFAT			ALFA-X		
	%3	%6	%9	%3	%6	%9	%3	%6	%9	%3	%6	%9
<i>Ceriporiopsis subvermisp.</i> Kütle kaybı (%)	3.22	2.91	2.45	3.10	2.67	2.20	4.14	3.61	3.48	5.05	4.84	4.73
Kontrol Kütle kaybı (%)	4.93			5.69			6.16			5.96		
<i>Coniophora puteana</i> Kütle kaybı (%)	3.00	2.58	1.81	3.73	3.25	2.02	4.32	3.99	3.32	4.86	4.53	3.56
Kontrol Kütle kaybı (%)	5.31			5.37			5.00			5.75		

4. SONUÇLAR

Alfa-x kullanılan tüm yanmayı geciktirici (FR) kimyasal maddelere kıyasla laminat parke levhalarının fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine olumsuz etkisi en az olan kimyasal olarak belirlenmiştir. Laminat parke levhalarının yanma dayanımı üzerine en olumlu katkıyı amonyum polifosfat FR kimyasalı yapmıştır. TGA analizi sonucunda ağırlık kaybı üzerine en olumlu etki yapan FR kimyasalları amonyum polifosfat ve borik asit olmuştur. Formaldehit emisyonunun azalması üzerine en fazla amonyum polifosfat FR kimyasalı etkili olmuştur. Mantar çürüklüğüne dayanım üzerine beyaz çürüklük mantarına borik asit, kahverengi çürüklük mantarına ise boraks diğer FR kimyasallarından daha etkili olmuştur. Küf mantarına dayanım üzerine boraks ve borik asit en etkili FR kimyasalları olarak belirlenmiştir. Bor bileşikleri higroskopik özellikleri dolayısıyla olumsuz etkilerine rağmen yanmayı geciktirme özellikleri ile de önemli derecede etkili olmuşlardır.

Belirtilen standartlara bağlı kalınarak yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen verilere göre ulaşılan detaylı sonuçlar aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Su Alma

Su Alma Süresi 2 Saat

Yanmayı geciktirici kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun 2 saat süre ile su alma miktarları farklılık göstermiştir. FR kimyasalları ve konsantrasyon oranları 2 saat su alma miktarı üzerinde etkili olmuştur. FR kimyasallarının artan konsantrasyon oranına bağlı olarak kontrol örneğine göre su alma miktarı artmıştır. En fazla artış kontrol örneğine (%2.05) kıyasla %9 boraksta (%3.25) meydana gelmiştir. FR kimyasallarının inorganik tuz olmaları ve higroskopik özellik taşımaları sebebiyle beklenen artış gerçekleşmiştir. Dolayısıyla selüloz ve ligninle zayıf bağ oluşturmaları nedeniyle su alma ve şişme değerleri yükselmektedir. Su alma değerleri incelendiğinde %3, %6, %9 konsantrasyon oranlarında çok büyük artış olmamıştır. Laminat kaplamadan dolayı artışın düşük miktarda olduğu tespit edilmiştir. Literatürde konsantrasyon oranının %10 ve üzeri olması durumunda bu artışın çok daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.

Su Alma Süresi 24 Saat

Kimyasal madde ve türü 24 saat su alma süresi sonucunda su alma değerleri üzerinde etkili olmuştur. Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin su alma miktarları, konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak artma eğilimi göstermiştir. 24 saat su alma miktarında da kontrol örneğine (%10.33) kıyasla en fazla artış amonyum polifosfat %9 konsantrasyonda (%12.94) meydana gelmiştir. Su alma miktarlarının düşük olması üzerine konsantrasyon oranlarının düşük olması ve laminat kaplamanın etkili olduğu düşünülmektedir. Su alma süresi su alma miktarı üzerinde etkili olmuştur. 2 saat süre ile 24 saat süre su alma değerleri arasında önemli bir fark tespit edilmiştir. Kontrol örneğine kıyasla su alma miktarı en fazla amonyum polifosfat %9 konsantrasyonda % 25.27, boraks kimyasalı %9 oranında ise %21.10 daha fazla olmuştur. Borik asit % 9 konsantrasyonda %19.75 artış gösterirken, en az su alma miktarı alfa-x' de %9 konsantrasyonda %11.75 olarak bulunmuştur.

4.1.2. Kalınlığına Şişme

Kalınlığına Şişme 2 Saat

Tüm deneme levhalarının kalınlığına şişme miktarı kontrol örneğinden daha fazla çıkmıştır. Kalınlığına şişme miktarı üzerine FR kimyasalları etkili olmuştur. Kalınlığına şişme miktarında en fazla artış kontrol örneğine (%2.48) kıyasla boraks %9' da (%4.05) elde edilmiştir. Sırasıyla boraks, borik asit, amonyum polifosfat ve alfa-x daha etkili olmuştur. FR kimyasallarının inorganik tuz olmaları ve organik özellikteki odunla zayıf bağ oluşturması sebebiyle bu artışta etkili olmuşlardır. Konsantrasyon oranı kalınlığına şişme üzerinde etkili olmuştur. Tüm yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin en yüksek kullanım oranlarında en fazla artış elde edilmiştir. Kullanılan laminat sebebiyle kalınlığına şişme oranının düşük miktarlarda olduğu belirlenmiştir. Çünkü kaplanmamış HDF levhalara göre su ile temas noktası sadece kalınlık kenarlarından olmaktadır. Levhaların yoğunluğunun yüksek olması ve 6.5 mm kalınlıkta olması kalınlığına şişme üzerine etkili olmaktadır.

Kalınlığına Şişme 24 Saat

Kalınlığına şişme miktarı üzerine yanmayı geciktirici kimyasal maddeler etkili olmuştur. Kontrol örneğine kıyasla tüm kimyasal maddelerin kalınlığına şişme miktarları daha yüksek elde edilmiştir. Kontrol örneğine (%4.93) kıyasla en fazla artış %9 amonyum polifosfatta (%6.85) olmuş, bunu boraks, borik asit ve alfa-x takip etmiştir. En yüksek

konsantrasyon oranında en fazla kalınlığına şişme miktarları elde edilmiş ve konsantrasyon oranının kalınlığına şişme miktarı üzerine etkili olduğu bulunmuştur. Su altında kalma süresi kalınlığına şişme miktarı üzerine etkili olmaktadır. 2 saat ile 24 saat su altında kalma süresi kalınlık şişme miktarı arasında önemli bir fark bulunmuştur. Kontrol örneğine kıyasla kalınlık artışı miktarı miktarı en fazla amonyum polifosfat %9 konsantrasyonda %38.95, boraks kimyasalı %9 oranında ise %29.61 daha fazla olmuştur. Borik asit % 9 konsantrasyonda %20.28 artış gösterirken, en az kalınlık artışı miktarı alfa-x %9 konsantrasyonda %11.16 olarak bulunmuştur.

4.2. Mekanik Özellikler

4.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci değerleri 55.00–39.66 N/mm² arasında değişmektedir. Bu değerler kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun eğilme direnci üzerine etkili olduğunu göstermektedir. Eğilme direnci değerleri tüm FR kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranının artışına uygun olarak düşüş göstermiştir. Düşük konsantrasyon oranlarında kontrol örneğine yakın değerler elde edilirken konsantrasyon oranının fazlalaşması ile bu düşüş hızlı bir şekilde artmıştır. Elde edilen levhalarda kimyasal maddelerin toz halinde kullanılması lif–lif bağlanmasını olumsuz etkilediği için düşüş miktarı konsantrasyonun artması ile fazlalaşmıştır. Kimyasal maddeler arasında çok fark bulunmamaktadır. Genel olarak birbirlerine yakın değerler elde edilmiş ancak en olumsuz etki ise amonyum polifosfat da bulunmuştur. Sırasıyla kontrol örneğine göre amonyum polifosfat, borik asit, boraks ve alfa–x olumsuz etki göstermiştir. Elde edilen verilere göre laminat kaplamanın eğilme direncini artırdığı, literatürde de laminat kaplamanın eğilme direncini olumlu etkilediği bilinmektedir. Sonuçlar EN 310 standartlarına uygun bulunmaktadır. Kontrol örneğine kıyasla amonyum polifosfat %9 konsantrasyonda % 27.89, borik asit kimyasalı %9 oranında ise %22.95 daha fazla eğilme direnci üzerine olumsuz etki yapmıştır. Boraks % 9 konsantrasyonda %20.47 azalma gösterirken, eğilme direnci üzerine en az olumsuz etki alfa-x %9 konsantrasyonda %18.02 olarak bulunmuştur.

4.2.2. Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü üzerine kimyasal maddeler ve konsantrasyon oranları etkili olmuş ve kimyasallar farklı etkiler yapmışlardır. Değerler 2524–3818 N/mm² arasında değişmiştir. Tüm kimyasal maddelerde konsantrasyon artışı ile eğilme direnci değerlerinde azalma tespit edilmiştir. Aynı eğilme direncinde olduğu gibi kimyasal maddeler toz halinde

kullanmalarından dolayı lif-lif bağlanmasını olumsuz etkiledikleri için elastikiyet modülünde de azalma olmakta ve olumsuz etkilemektedir. Amonyum polifosfat, alfa-x ile boraks ise borik asit ile benzer etki yapmışlardır. Amonyum polifosfat ile alfa-x kontrol örneğine yakın değerler verirken, boraks ve borik asidin olumsuz etkilenmesi daha fazla olmuştur. Olumsuz etki sırasıyla boraks, borik asit, amonyum polifosfat ve alfa-x' de gerçekleşmiştir. Laminat kaplamanın elastikiyet modülü üzerine liflerin esneme özelliğini azaltması nedeni ile olumsuz etki gösterdiği belirtilmişti. Kimyasal maddelerin olumsuz etkisinin dolayı, kontrol örneğinden daha düşük değerler bulunduğu düşünülmektedir. Kontrol örneğine kıyasla boraks %9 konsantrasyonda %32.58, borik asit kimyasalı %9 oranında ise %21.66 daha fazla elastikiyet modülü üzerine olumsuz etki yapmıştır. Alfa-x %9 konsantrasyonda %19.43 azalma gösterirken, elastikiyet modülü üzerine en az olumsuz etki amonyum polifosfat kimyasalı %9 konsantrasyonda %19.33 olarak bulunmuştur.

4.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Kimyasal madde türü ve konsantrasyon oranları yüzeye dik çekme kuvveti üzerinde farklı etki yapmışlardır. Konsantrasyon oranı düşük iken kontrol örneğine kıyasla daha yakın değerler elde edilmiş, konsantrasyon oranının artışı ile olumsuz etkide artmıştır. Lif üzerinde kalan kimyasal maddeler lifin tutkalla temasını keserek düzgün yüzey oluşturmasını engellemektedir. Bu yüzden de iyi bir bağlanma gerçekleşmemektedir. Yüzeye dik çekme kuvvetini olumsuz olarak sırasıyla alfa-x, amonyum polifosfat, boraks ve borik asit etkilemiştir. Alfa-x ve amonyum polifosfatın tanecik boyutunun daha az olması sebebiyle lif yüzeyine daha iyi temas ettiği için olumsuz etkisinin fazla oluşu düşünülmektedir. Toz olarak kullanımda özgül ağırlık ve tanecik boyutu direnç özelliğini etkileyen önemli bir etken olmaktadır. Laminat kaplamanın yüzeye dik çekme üzerinde önemli etkisi olmamaktadır. Kontrol örneğine kıyasla alfa-x %9 konsantrasyonda %50.88, amonyum polifosfat kimyasalı %9 oranında ise %37.19 daha fazla yüzeye dik çekme direnci üzerine olumsuz etki yapmıştır. Boraks % 9 konsantrasyonda %18.25 azalma gösterirken, yüzeye dik çekme direnci üzerine en az olumsuz etki borik asit %9 konsantrasyonda %12.28 olarak bulunmuştur.

4.2.4. Yüzey Sağlamlığı Direnci

Yanmayı geciktirici kimyasal madde ve konsantrasyonu yüzey sağlamlığını etkilemişlerdir. Alfa-x farklı olarak etki etmiş, diğer kimyasallar ise benzer şekilde etkili olmuşlardır. Konsantrasyon arttıkça olumsuz etki artmıştır. Nedeni ise yine yüzeye dik

çekme kuvvetinde olduğu gibi lif yüzeylerinde kalan kimyasalın, tutkalın bağlanma etkisini azaltması ve lifle bağlanmasını engellemesidir. Alfa-x kontrol örneğine göre çok küçük bir artış göstermiş ve artan konsantrasyon oranı ile birlikte olumsuz etkisi artmıştır. Yüzey sağlamlığı direncini olumsuz olarak sırasıyla amonyum polifosfat, borik asit, boraks ve alfa-x etkilemiştir. Değerler EN 311 standartlarına göre düşük çıkmıştır. Test numuneleri freze ile iç çapı 35.7 mm (10cm²), derinliği 0.3±0.1 mm olan oyuk açıldığı için yüzey kaplamanın veya laminasyon işleminin etkisi önemli olmamaktadır. Kontrol örneğine kıyasla amonyum polifosfat %9 konsantrasyonda %47.58, borik asit kimyasalı %9 oranında ise %39.52 daha fazla yüzey sağlamlığı direnci üzerine olumsuz etki yapmıştır. Boraks % 9 konsantrasyonda %34.68 azalma gösterirken, yüzey sağlamlığı direnci üzerine en az olumsuz etki alfa-x %9 konsantrasyonda %27.42 olarak bulunmuştur.

4.3. Yüzey Kalitesi Özellikleri

Yüzey kalitesi özellikleri üzerine yanmayı geciktirici kimyasal maddeler çok önemli etki yapmamıştır. Aşınma, çizilme, büyük bilye, küçük bilye, su buharı, lekelenme, sigara ateşine dayanıklılık üzerine etki etmemiştir. Bu testler kontrol örneği ile aynı sayılabilecek değerler vermiştir. Aralarında fark bulunamamıştır. Bunun sebebi HDF levhalarda lifler arasındaki kimyasal maddeler liflerin yüzeyinde belirli miktarda bulunmalarına karşın yüzey kalitesini etkileyecek etkinlikte olmamışlardır. Sadece büyük bilye testi önemli sayılamayacak miktarda etkilenmiştir. Overlay, dekor ve balans kağıdı %3, %6, %9 oranlarında yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ile muamele edilmiş fakat yüzey kalitesini olumsuz etkilemişlerdir. Bu nedenle overlay, dekor ve balans kağıtlarında düşünülen emprenye işlemi yapılamamış ve emprenyesiz kağıtlar kullanılmıştır.

4.3.1. Aşınma Direnci

Test sonucunda kontrol örneği değeri (3475 devir) kimyasal madde ilaveli levha örneklerine yakın değerler vermiştir. Kimyasal maddeli levhaların aşınma değerleri ise 3400-3600 devir arasında bulunmuştur. Bu ise standartlar çerçevesinde AC ≥2000 sınıfına girmektedir. Değerler AC ≥4000 değerlerine yakın bulunmuştur. Kimyasal maddeler her ne kadar HDF yüzeyinde olsa da üzerileri laminatla kaplandığında düşünülen olumsuz etkileri kaybolmaktadır. Sonuçlara göre deneme levhaları AC3 sınıfı parke olarak sınıflandırılmıştır.

4.3.2. Çizilme Direnci

Yapılan testler sonucunda elde edilen kontrol örneği (4.00 Newton) ile FR kimyasalı ilaveli levhalar arasında küçük farklılıklar bulunmuştur. FR ilaveli levhalarda ise 3.63 – 4.25 N arasında değişen değerler elde edilmiştir.

4.3.3. Büyük Bilye

Bilyenin levha yüzeyinde bıraktığı izlerin ölçülmesi neticesinde kontrol örneği 5.99 mm elde edilmiştir. %3 ve %6 FR kimyasalı ilaveli deneme levhalarında büyük bilye testi üzerine sırasıyla borik asit (5.74 mm), boraks (5.87 mm), amonyum polifosfat (6.00 mm), alfa-x (5.85 mm) etki etmişlerdir. FR kimyasalı %9 ilaveli levha örneklerinde ise sırasıyla boraks (5.92 mm), borik asit (5.68 mm), alfa-x (5.88 mm) ve amonyum polifosfat (5.87 mm) etki etmişlerdir. FR kimyasalları büyük bilye üzerine etkili olmamıştır.

4.3.4. Küçük Bilye

Küçük bilye testi kontrol örneği ile FR kimyasalı ilaveli deney örnekleri arasında farklı değerler elde edilmemiştir. Değerler ≥ 25 Newton bulunmuştur. Dolayısıyla FR kimyasalları ve konsantrasyon oranları küçük bilye üzerine etkili olmamışlardır.

4.3.5. Su Buharı, Sigara Ateşine Dayanıklılık ve Pişme Testi

Yapılan test sonuçlarına göre su buharı testinde gözlenebilir bir etki olmadığı, sigara ateşi testinde gözlenebilir değişme olmadığı, Lekelenme testinde ise gözlenebilir bir etki olmadığı belirlenmiş ve skala değeri Materyal metot bölümünde belirtildiği üzere gözleme dayalı olarak skala değeri 5 olarak tespit edilmiştir. Kimyasal madde türü ve konsantrasyonun laminat parke deneme levhaları üzerine etkili olmadığı gözlemlenmiştir.

4.4. Yanma Deneyleri

Yanma mukavemet testleri iki grup adı altında incelenmiştir:

- ASTM– E 69
- Termogravimetrik Analiz (TGA)

4.4.1. ASTM-E 69

Yanma mukavemeti alev kaynaklı yanma (AKY) ve kendi kendine yanma (KKY) olarak iki başlık adı altında elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

1– Alev Kaynaklı Yanma(AKY) Test Değerleri

A– Alev Kaynaklı Yanma’ da Ağırlık Kaybı Değerleri

Alev kaynaklı yanma sonucu elde edilen sonuçlara göre kimyasal maddelerle muamele edilmiş deneme levhaları, kontrol örneğine kıyasla daha olumlu sonuçlar vermiştir. Kimyasal maddeler yanma miktarı üzerine etkili olmuşlardır ve yanmaya karşı belirli derecede koruma sağlamışlardır. Kimyasal maddelerin konsantrasyon miktarları arttıka laminat parkenin yanma miktarını azaltmış ve daha fazla koruma sağlamıştır. Bütün kimyasal maddelerin %3 konsantrasyon oranına göre %9 konsantrasyonları daha olumlu koruma sağlamışlardır. En iyi koruma sırasıyla boraks, amonyum polifosfat, borik asit ve alfa-x ile muamele edilen örneklerde tespit edilmiştir. Kontrol örneğine kıyasla boraks %9 konsantrasyonda %47.51, amonyum polifosfat kimyasalı %9 oranında ise %46.39 daha fazla AKY kütle kaybı üzerine olumlu etki yapmıştır. Borik asit % 9 konsantrasyonda %44.54 artış gösterirken, AKY kütle kaybı üzerine en az olumlu etki alfa-x %9 konsantrasyonda %42.89 olarak bulunmuştur.

B– Alev Kaynaklı Yanma’ da Sıcaklık Değişim Değerleri

Alev kaynaklı yanma sıcaklık değerleri kullanılan kimyasal madde türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak kontrol rneği sıcaklık değerlerine kıyasla daha düşük seyretmiştir. Bu nedenle yanmayı geciktirici kimyasal maddeler sıcaklık değerleri üzerine etkili olmuşlardır. Tüm FR kimyasal maddelerinin konsantrasyon miktarının artışı ile sıcaklık değerlerinde azalma belirlenmiştir. Her kimyasal için en iyi sonuçlar %9 oranlarında tespit edilmiştir. Kimyasal maddelerin hepsi sıcaklık değerleri üzerine etkili olmasına karşın bu araştırmada sırasıyla amonyum polifosfat, borik asit, boraks ve alfa-x yanma sıcaklık değerleri üzerine daha etkili olmuşlardır. Kimyasal maddeler yanma esnasında ısıyı absorplama, tutuşmayı önleyici gazlar salıverme, alevleri soğutucu gazlar salıverme özelliklerinden dolayı sıcaklık değerlerinin düşmesine neden olmuşlardır.

C– Alev Kaynaklı Yanma’ da O₂ Değerleri

FR kimyasal maddelerinin yanma üzerine etkili olduğu O₂ değerlerinin kontrol rneği (%17.65) deneme levhası değerlerine göre artmış olmasından anlaşılmaktadır. Konsantrasyon artışı ile birlikte yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilmiş levhaların O₂ değerleri de yükselmiştir. Kimyasal maddelerin yanmayı azaltıcı etkinliği nedeniyle yanma miktarında azalma eğilimi olmuştur. FR kimyasal maddeleri yanma üzerine koruyucu etki göstermişler, yanmanın azalması ile ortamdaki O₂ miktarı artmıştır.

D- Alev Kaynaklı Yanma' da CO Değerleri

Kontrol örneği değerine kıyasla kimyasal maddelerle muamele edilmiş levhalarda CO miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Tüm FR kimyasal madde içeren levhalarda da bu görülmüştür. Kontrol örneğinde belirlenen CO miktarının kimyasal madde konsantrasyonunun artışı ile beraber azalma eğiliminin devam ettiği belirlenmiştir. Bu azalma kimyasal maddelerin yanma dayanımını olumlu yönde etkilemesinden kaynaklanmıştır. CO miktarı konsantrasyon artışı ile azalmış ve bu azalma en fazla amonyum polifosfatta (840 ppm), en az ise alfa-x' de olmuştur. CO azalması sırası ile amonyum polifosfat, borik asit, boraks ve alfa-x' de gerçekleşmiştir.

2- Kendi Kendine Yanma (KKY) Test Değerleri

A- Kendi Kendine Yanma' da Ağırlık Kaybı Değerleri

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilmiş liflerden elde edilen deneme levhaları, kendi kendine yanma deneyi sonucunda belirli oranlarda etkili olmuş ve yanmaya karşı direnç sağlamışlardır. Konsantrasyon oranı %3 iken kontrol örneği sonuçlarına yakın değerler elde edilirken, konsantrasyon oranının %9 olduğu deneme örneklerinde daha etkili sonuçlar elde edilmiştir. Konsantrasyonun artması kimyasal maddelerin etkinliğini artırmıştır. Kendi kendine yanma örneklerinde yanmaya karşı koruma etkinliği amonyum polifosfat, borik asit, boraks ve alfa-x sırasıyla olmuştur. Kontrol örneğine kıyasla amonyum polifosfat %9 konsantrasyonda %43.89, borik asit kimyasalı %9 oranında ise %21.48 daha fazla KKY kütle kaybı üzerine olumlu etki yapmıştır. Boraks % 9 konsantrasyonda %21.06 artış gösterirken, KKY kütle kaybı üzerine en az olumlu etki alfa-x %9 konsantrasyonda %16.76 olarak bulunmuştur.

B- Kendi Kendine Yanma' da Sıcaklık Değişim Değerleri

Kendi kendine yanma sıcaklık değerleri, kontrol örneği sıcaklık değerine nazaran kullanılan yanmayı geciktirici kimyasal madde ve konsantrasyon oranına bağlı olarak farklılık göstermiştir. Tüm örnekler kontrol örneği sıcaklık değerinden daha düşük çıkmıştır. Bu nedenle yanmayı geciktirici kimyasal maddeler sıcaklık değerleri üzerine etkili olmuşlardır. Sıcaklık değerleri FR kimyasalının en fazla kullanıldığı konsantrasyon oranlarında en düşük seviyede seyretmiştir. Dolayısıyla kimyasal maddelerin konsantrasyon oranı yanma üzerinde etkili olmuştur. Kimyasal maddelerin hepsi sıcaklık değerleri üzerine etkili olmasına karşın bu araştırmada sırasıyla amonyum polifosfat, boraks, borik asit ve alfa-x yanma sıcaklık değerleri üzerine daha etkili olmuşlardır.

C– Kendi Kendine Yanma’ da O₂ Değerleri

Kontrol örneği O₂ değerlerine (%19.26) göre kimyasal maddeli deneme levhaların değerleri daha yüksek elde edilmiştir. Dolayısıyla yanma azalmış ve ortamdaki O₂ miktarı artmıştır. FR kimyasalları kendi kendine yanma esnasında yanmaya karşı korumada etkili olmuşlardır. Kimyasal maddelerin yanma miktarı üzerinde azaltıcı etkisinin olması konsantrasyon oranlarının artması ile ortamdaki O₂ miktarının da artışına neden olmuştur. En fazla O₂ miktarları %9 konsantrasyonlarda gerçekleşmiştir.

D– Alev Kaynaklı Yanma’ da CO Değerleri

Tüm kimyasal madde içeren levhalarda CO miktarı kontrol örneğinden daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebi kimyasal maddelerin ortamda oluşabilecek yanıcı gazların oranları üzerinde azaltıcı etki yapmasından dolayıdır. FR kimyasallarının konsantrasyon artışına bağlı olarak CO miktarlarında azalma olması da FR kimyasallarının etkinliğinden kaynaklanmaktadır. CO miktarı konsantrasyon artışı ile azalmış bu azalma en fazla amonyum polifosfatta (2479 ppm), en az ise borik asitde olmuştur. CO azalması sırası ile amonyum polifosfat, boraks, alfa-x ve borik asit’te gerçekleşmiştir.

AKY ve KKY Değerlerinin Karşılaştırılması

AKY ve KKY sonucunda yanmayı geciktirici kimyasal maddeler yanma dayanımı üzerine olumlu etki sağlamışlardır. FR kimyasalları artan konsantrasyon oranları ile AKY ve KKY da tüm yanma verilerinde yanma dayanımı özelliklerini artırmışlardır. AKY ağırlık kaybı oranları KKY ağırlık kaybına göre daha düşüktür. Ağırlık kaybının büyük miktarı alev kaynağı çekildikten sonra meydana gelmiştir. AKY sıcaklık değeri KKY sıcaklık değerinden daha yüksektir. Alev kaynağının 4.dakika sonunda çekilmesi ile ısının FR kimyasalları tarafından absorbe edilmesi ile birlikte KKY da sıcaklık değeri düşmüştür. AKY esnasında sıcaklık miktarı fazla olduğu için yanma daha fazla olmakta dolayısı ile ortamdaki O₂ miktarı azalmaktadır. Fakat alev kaynağının çekilmesi ile KKY esnasında yanmanın azalması ile ortamdaki O₂ miktarı artmıştır. AKY esnasındaki CO miktarları KKY esnasındaki CO miktarlarından daha düşük çıkmıştır. Toksik ve zehirli gazlar yanmanın KKY aşamasında oluşmaktadır. Ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde en etkili FR kimyasalı amonyum polifosfattır.

4.4.2. Termogravimetrik Analiz (TGA)

Tüm FR kimyasallarının ağırlık kaybı miktarı kontrol örneği (%79) değerinden daha yüksek bulunmuştur. FR kimyasalları yanma mekanizmasını etkilemiş, yüksek

sıcaklıkta kömürleşme meydana getirerek izolasyon maddesi gibi etki etmesi ile yanma dayanımını artırmıştır. Kontrol örneklerinin tamamen bozunmasına karşılık konsantrasyon miktarı yüksek FR kimyasallarında, bozunmadan kalan kısım daha fazla olmuştur. Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kömürleşme oranını artırarak yüksek sıcaklıklara karşı yanma dayanımını artırmıştır. Kontrol örneğine kıyasla borik asit %9 konsantrasyonda %15.19, amonyum polifosfat kimyasalı %9 oranında ise %15.06 daha fazla TGA kütle kaybı üzerine olumlu etki yapmıştır. Boraks % 9 konsantrasyonda %9.87 artış gösterirken, TGA kütle kaybı üzerine en az olumlu etki alfa-x %9 konsantrasyonda %6.46 olarak bulunmuştur.

4.4.3. LOI testi

Kimyasal madde türü ve konsantrasyonunun limit oksijen indeksi değeri üzerine etkileri farklı olmuştur. Limit oksijen testi üzerine en az etki kontrol örneğine göre (%27) %3 alfa-x kimyasalında (%29) bulunmuştur. En olumlu etki ise %9 amonyum polifosfat kimyasalında elde edilmiştir. LOI testi sonuçlarına olumlu etki sırasıyla amonyum polifosfat, borik asit, boraks ve alfa-x kimyasallarında olmuştur. Konsantrasyon oranının artması da kimyasalın etkinliğini artırmıştır.

4.5. Mantar Çürüklük Testi

4.5.1. *Ceriporiopsis Subvermisphora* Mantarı Değerleri

Beyaz çürüklük mantarı *Ceriporiopsis subvermisphora* laminat parke deneme levhalarında yanmayı geciktirici tüm kimyasal madde konsantrasyon oranlarında kontrol örneğine kıyasla etkili olmuştur. Kontrol örnekleri ağırlık kaybı %4.93–6.16 arasında değişiklik göstermiştir. Kimyasal maddeli örneklerde ise en az ağırlık kaybı %2.45 ile %9 borik asit kullanılan deneme levhalarında meydana gelmiştir. Konsantrasyon artışı ile ağırlık kaybı oranlarında düşüş meydana gelmiştir. Kontrol örneğine kıyasla borik asit %9 konsantrasyonda %61.34, boraks kimyasalı %9 oranında ise %50.30 daha fazla *Ceriporiopsis subvermisphora* mantarı kütle kaybı üzerine olumlu etki yapmıştır. Amonyum polifosfat %9 konsantrasyonda %43.51 artış gösterirken, *Ceriporiopsis subvermisphora* mantarı kütle kaybı üzerine en az olumlu etki alfa-x %9 konsantrasyonda %20.64 olarak bulunmuştur.

4.5.2. *Coniophora Puteana* Mantarı Değerleri

Kahverengi çürüklük mantarı *Coniophora puteana* mantarına maruz bırakılan laminat parke levhalarında, FR kimyasal maddeli deneme örneklerinde, kontrol örneğine göre daha düşük ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Kontrol örneklerinde %5.00–5.75 ağırlık kaybı meydana gelmiştir. FR kimyasalları mantar çürüklüğüne dayanımı artırmıştır. Mantarların meydana getirdiği ağırlık kaybı üzerine kimyasal madde konsantrasyonu etkili olmuştur. Tüm kimyasal maddelerin konsantrasyonun artışı ile ağırlık kaybındaki azalma olumlu etkilenmiştir. En olumlu etki %9 boraksla elde edilmiştir. Kontrol örneğine kıyasla boraks %9 konsantrasyonda %65.91, borik asit kimyasalı %9 oranında ise %62.38 daha fazla *Coniophora puteana* mantarı kütle kaybı üzerine olumlu etki yapmıştır. Alfa-x % 9 konsantrasyonda %38.09 artış gösterirken, *Coniophora puteana* kütle kaybı üzerine en az olumlu etki amonyum polifosfat %9 konsantrasyonda %33.60 olarak bulunmuştur.

Ceriporiopsis Subvermisphora ve *Coniophora Puteana* Mantarı Değerlendirilmesi

Beyaz ve kahverengi çürüklük mantarı kontrol örneklerinde kimyasal maddeli deneme levhalarına göre daha fazla ağırlık kaybı olmuştur. Her iki mantar türü için FR kimyasalları etkili olmuştur. Beyaz ve kahverengi çürüklük mantarında boraks diğer kimyasal maddelere göre daha etkili olmuştur. Laminat parkede ağırlık kaybının HDF levhalara göre düşük olmasının sebebi, üzerinin overlay, dekor ve balans kağıdı ile kaplı olmasından kaynaklandığı literatürde de belirtilmektedir.

4.6. Küf Mantarı Testi

Aerobasidium pullulans ve *Aspergillus niger* küf mantarları kontrol örneğine göre 8 haftalık süreçte kimyasal madde ilaveli deneme örneklerinde daha az etkili olmuştur. *Aerobasidium pullulans* ve *Aspergillus niger* küf mantarları üzerine kimyasal maddenin konsantrasyon oranı etkili olmuştur. Konsantrasyon artışı ile kontrol örneklerine kıyasla küf mantarı çürüklüğü ya daha uzun sürede ya da daha az bir kaplama alanına ulaşabilmiştir. Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler *Aerobasidium pullulans* küf mantarına kıyasla *Aspergillus niger* küf mantarları üzerinde daha etkili olmuştur.

4.7. Serbest Formaldehit Emisyonu

Kontrol örneği formaldehit miktarına (27.97 mg/100g) oranla FR kimyasalları daha düşük değerler vermiştir. Kimyasal maddelerin konsantrasyon miktarı arttıkça serbest

formaldehit miktarı azalmıştır. En düşük formaldehit emisyonu %9 amonyum polifosfatta (9.14 mg/100g) elde edilmiştir. Formaldehit emisyonunu insan sağlığı açısından önemli olduğu için formaldehit emisyonu üzerine etkili faktörler (odun türü, pres şartları, tutkal miktarı, tutkalın üre-formaldehit Ü/F mol oranı, sertleştirici türü ve depolama süresi) göz önünde bulundurularak üretim yapılmamıştır. Formaldehit emisyonu değerlerinin biraz yüksek çıkması pres süresinin 18 saniye gibi kısa sürede yapılmasından kaynaklandığı, uygun sıcaklıkta, pres süresinin uzatılması ile formaldehit emisyonunun azalacağı düşünülmektedir. Elde edilen levhalar E2 sınıfı (8-30 mg/100gr) parke grubuna dahil olmuşlardır. Kontrol örneğine kıyasla amonyum polifosfat %9 konsantrasyonda %67.32, Alfa-x kimyasalı %9 oranında ise %60.78 daha fazla formaldehit emisyonu miktarı üzerine olumlu etki yapmıştır. Boraks % 9 konsantrasyonda %45.41 artış gösterirken, formaldehit emisyonu üzerine en az olumlu etki borik asit %9 konsantrasyonda %44.94 olarak bulunmuştur.

4.8. Öneriler

Yapılan çalışmalardan elde edilen veriler sonucunda şu öneriler yapılabilir:

1- Çalışmamızda %3, %6 ve %9 konsantrasyonlarda yanmayı geciktirici (FR) kimyasal maddeleri kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda yanma direncinin, kullanılan kimyasal madde miktarının artması ile artış gösterdiği belirlenmiştir. Yanma direncindeki olumlu artışa nazaran mekanik özellikler de azalma meydana gelmiştir. Yanma direnci için en olumlu etkiyi amonyum polifosfat %9 konsantrasyonda vermiştir.

2- Bor bileşikleri tuz esaslı olması sebebiyle mekanik direnç üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Mekanik dayanımın önemli olduğu kullanım yerlerinde ya düşük konsantrasyonda bor bileşikleriyle ya da mekanik özellikler üzerinde en az etkili olan kimyasal maddelerin kullanılması gerekmektedir. Fiziksel özelliklerin daha önemli olduğu kullanım yerlerinde ise daha düşük konsantrasyonlu FR kimyasal maddeli levha ürünleri kullanılmalıdır.

3- FR kimyasalları mekanik özellikler üzerine olumsuz etki etmiştir. Laminat parke yüzeyinde kullanılan overlay, dekor ve balans kağıdının ise bu olumsuz etkiyi azalttığı düşünülmektedir. Mekanik özellikler üzerine FR kimyasallarının olumsuz etkisinin melamin emdirilmiş kağıtlarla azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılabilir. Laminat parke yüzeyi kaplanmış olduğu için sadece kalınlık kenarlarından rutubet alarak olumsuz etki

oluşturabilir. Bu kenarların su itici maddelerle veya parafinle desteklenerek olumsuz etkinin azaltılabileceği düşünülmektedir.

4- Toz halinde liflere karıştırılarak muamele edilen FR kimyasalları farklı yöntemlerle (tutkala karıştırma, levha halinde muamele, yüzeye sürme, daldırma vb.) ve karışımlar halinde sinerjistik etki düşünülerek yeni çalışmalar yapılabilir.

5- Elde edilen deneme levhalarında kullanılan üreformaldehit tutkalının yerine farklı tutkallar ve mol oranları ile çalışılabilir. Maliyet hesapları da göz önüne alınarak melamin üreformaldehit tutkalının yanma üzerine olumlu etkisinden dolayı tercih edilebileceği düşünülmektedir.

6- Yanma direnci ve mekanik direnç özellikleri üzerine lif levhaların yapısı ve yoğunlukları ile üretim şartları (basınç, sıcaklık vb.) önemli olmaktadır. Bu yüzden söz konusu etkilerin belirlenebilmesi için daha detaylı ve farklı çalışmalar yapılabilir.

7- Yapılan çalışma sonuçlarının da desteklediği üzere, FR kimyasallarının yapısal özelliklerinden dolayı higroskopik olmaları nedeniyle su alma ve kalınlık artışı değerleri üzerinde etkili oldukları belirlenmiştir. Bu nedenle FR kimyasallarının uygun su itici kimyasal maddelerle ve parafinle birlikte kullanılması ile bu olumsuz etkinin azaltılmasına yönelik farklı çalışmalar yapılabilir. FR kimyasallarının kullanıldığı levha ortamlarının kuru olmasına veya rutubet miktarının azaltılmasına yönelik destekleyici yöntemler kullanılması olumlu olacaktır. Ayrıca ahşap esaslı levhaların kullanım yerlerinde bu olumsuz özelliği dikkate alınmalıdır.

8- FR kimyasallarının yıkanma özellikleri nedeniyle konsantrasyon oranlarının levhada azalması sebebiyle bu bileşiklerin yıkanmasını önleyici şartlarda kullanılması ve bu özelliği azaltıcı yöntemlerle desteklenmesi olumlu olacaktır. Özellikle dış kullanımlar için yıkanmaya karşı dirençli FR kimyasal maddeleri kullanılmalıdır.

9- Yanma direncinin artması üzerine konsantrasyon oranının etkili olması sebebiyle hem konsantrasyon oranının artırılması, hem de farklı diğer FR kimyasalları ile de yeni çalışmalar yapılabilir.

10- Laminata yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin uygulanmasında başarılı olunamamıştır. Melamin kimyasalının yanmayı geciktirme özelliğinden dolayı laminat parke yüzeyinde kullanılan overlay, dekor ve balans kağıtlarının empenyesi esnasında melamin miktarının artırılması ile ilgili araştırmalar yapılabilir.

11- Küçük ölçekli yapılan çalışma sonucunda yanmaya karşı direncin FR kimyasalları ile artması sonucunda ilave çalışmalarla desteklenerek lif levha endüstrisinde kullanım alanı bulacağı ve milli ekonomiye katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

12- Çürüklük mantarına karşı yangın geciktiricilerin kombinasyonlarının daha etkili olabileceği düşünülerek daha farklı çalışmalar ile farklı yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kullanılarak çalışmalar yapılabilir.

13- Laminat parkede mantar çürüklüğü fazla etkili olamamasına rağmen FR kimyasalları çürüklük miktarını azaltmıştır. Çürüklük riskinin olduğu yerlerdeki kullanımlarda FR kimyasalları kullanılması olumlu olacaktır.

14- Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler azalan orman kaynaklarının kullanımını ve ulusal ekonomiyi destekleyecektir.

15- Konsantrasyon oranının %10' dan fazla olduğu oranlarda yanmayı geciktirici özellik üzerine kimyasal maddelerin daha etkili olduğu literatürde desteklenmektedir. Yine de %10' dan daha az konsantrasyonlarda da FR kimyasalları yanmaya karşı dayanımı artırmıştır. Daha yüksek konsantrasyonlarda çalışma yapılmasının yanma dayanımının artırılması üzerine etki derecesini çok daha fazla artıracığı düşünülmektedir.

16- Yüzeyde kullanılan overlay, dekor ve balans kağıtlarında yanmayı geciktirici kimyasal maddeler yüzey kalitesi özelliklerini olumsuz etkiledikleri için bu konu ile ilgili detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

17- Sinerjist etki düşünülerek farklı kimyasalların karışımlar halinde kullanılması yönünde ilave çalışmalar yapılabilir

KAYNAKLAR

- Acar, A., Akaltun, C., 2007. “Çeşitli Borlu Bileşiklerle Muamele Edilen Kayın ve Karaçam Ağaç Malzemenin Higroskopisite Özelliklerinin incelenmesi”, Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim fakültesi, 13.
- Akbulut, T., Kartal, S.N., Green, F., 2004. Fiberboards Treated with N'-N-(1, 8-Naphthalyl) Hydroxylamine (NHA-Na), Borax, and Boric Acid, Forest Prod. J. 54(10): 59–64.
- Aksakal, F. N., Acar Vaizoğlu, S., Güler, Ç., 2005. Mobilyalardaki Kimyasallar ve Sağlık Etkileri, Cilt 14 , Sayı 12, 268-272.
- Aksu, S., 2009. Dekor Kağıdı ve Reçine Tipinin Yongalevhaların Fiziksel, Mekanik ve Yüzey Kalitesi Üzerine Etkisi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Alexiou, P.N., Gardner, W.D., Lind, P. ve Butler, D., 1986. Efficacy of an Amino Resin Fire Retardant, Forest Products Journal, 36, 11-12, 9-15.
- Anonim, 1987. Forest Products Laboratory Forest Service U.S. Department of Agriculture, Handbook of Wood and Wood – Based Materials for Engineers, Architect and Builders, chapter 15, London.
- As, N., 1998. ‘3000 Yıl Öncesinden Günümüze Parke’ Zemin Kaplamaları Sektör Dergisi 1, 11–13.
- ASTM E–69., 2007. Standart Test Method For Combustible Properties of Treated Wood by the Fire-Tube Apparatus,.
- ASTM C 1113-99, 2004. “Standard Test Method for Thermal Conductivity of Refractories by Hot Wire (Platinum Resistance Thermometer Technique),” Annual Book of ASTM Standards; Vol. 15.01, American Society for Testing Materials, West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM D 2863, 2006. Standart test method for Measuring the minimum Oxygen Concentration to Support Candle-like Combustion of Plastics, ASTM International, United State.
- ASTM D 4445–10, 2010. Standard test method for fungicides for controlling sapstain and mold on unseasoned lumber (laboratory method).. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. pp. 496-500. West Conshohocken, Pennsylvania.
- Ayrılmış, N., Kartal, S.N., Laufenberg, T.L., Winandy, J.E., White, R.H., USDA, F.S., 2005. Physical and Mechanical Properties and Fire, Decay, and Termite Resistance of Treated Oriented Strandboard. Forest Products Journal. May, v. 55, no. 5, p. 74–82.
- Ayrılmış, N., Korkut, S., Tanrıtanır, E., Winandy, E.J., Hızıroğlu, S., 2006. Effect of various fire retardents on surface roughness of plywood. Building and Environment (41) 887–892.

- Ayrılmış, N., 2007a. Effect of Fire Retardants on Internal Bond Strength and Bond Durability of Structural Fiberboard, Building and Environment, Elsevier Volume 42, Issue 3, March, Pages 1200-1206.
- Ayrılmış, N., 2007b. Physical, Mechanical, and Fire Properties of Oriented Strandboard with Fire Retardant Treated Veneers, Saturday, august 11, 449–458, İstanbul.
- Barnes, H.M., Amburgey, T.L., 1993. Technologies for the protection of wood composites. Proc. of Inter. Union of Forestry Research Organization Symp. on the Protection of Wood-Based Composite Products. IUFRO, Vienna, Austria. pp. 7–11.
- Barnes, H.M., Murphy, R.J., (2006). Effect of Vapor Boron Treatment on some Properties of Wood Strand and Fiber Composites, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing Volume 37, Issue 9, September, Pages 1402–1405.
- Baysal, E., 1994. Çeşitli Borlu ve WR Bileşiklerinin Kızılçam Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi. KTU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Baysal, E., 2002. Determination of oxygen Index Levels and Termal Analysis of Scots pine İmpregnated with Melamine Formaldehyde- Boron Combinations, Journal of Fire Sciences, 20, s. 373.
- Baysal, E., 2002. “Determination of Oxygen Index Levels and Thermal Analysis of Scots Pine İmpregnated Melamine Formaldehyde-Boron Combinations”, Journal of Fire Sciences, 20(5): 373–389.
- Baysal, E., 2003. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19(1-2) 59-69. Kayseri.
- Baysal, E., Yalınkılıç, M.K., 2005a. “A Comparative Study on Stability and Decay Resistance of Some Environmentally Friendly Fire Retardant Boron Compounds”, Wood Science and Technology, (In Press), 122-12.
- Baysal, E., Yalınkılıç, M. K., 2005b. A New Boron İmpregnation Technique of Wood by Vapor Boron of Boric Acid to Reduce Leaching Boron from Wood, Wood Sci Technol. 39: 187-198.
- Baysal, E., Şimşek, H., Toker, M., Çolak, M., Yiğitbaşı, N. O., 2006. Borlu Bileşiklerle Muamele Edilen Ağaç Malzemede Higroskopisite Seviyelerinin Belirlenmesi, Uluslar Arası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı, syf. 51–54.
- Baysal, E., Şimşek, H., Toker, H., Çolak, M., Yiğitbaşı, O.N., 2006. “Borlu Bileşiklerle Muamele Edilmiş Ağaç Malzemede Higroskopisite Seviyelerinin Belirlenmesi”, III. Uluslar arası Bor Sempozyumu, Ankara, 45-51.
- Benton, L.D., Walker, J.S., Edwards, E.A., 2001; Electroluminescent High Pressure Laminate; Eurapean Patent Application; US.
- Berkel, A., 1972a. Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği.
- Berkel, A., 1972b. Ağaç Malzeme Teknolojisi, ikinci cilt, İ.Ü. Yayınları No: 1745/183, İstanbul.

- Boran, S., Usta, M., 2010. Odun Esaslı Panellerde Açığa Çıkan Formaldehit ve Formaldehit Sınırları Hakkında Bilgiler III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20-22 Mayıs Cilt: V Sayfa: 1968–1975.
- Bozkurt, Y., 1986. Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Yayın No.3403,O.F. Yayın No: 380, s. 220, Taş Matbaası, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman fakültesi Yayınları, Yayın No: 388., II. Cilt, İstanbul Üniversitesi, Orman fakültesi, İ. Ü. Yayın no:1745, Fakülte Yayın no: 183.
- Bozkurt, A., Göker, Y., Erdin, N., 1993a. Emprenye Tekniği, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, 3779/425-429 s.
- Bozkurt, A., Göker, Y., Erdin, N., 1993b. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları No: 2779, İstanbul.
- Browne, F. L., 1958. U.S.D.A. For. Prod. Lab. Rep. No. 2136, Madison, Wis.
- Burchill, J. P., Mathys, Z., Gardiner, P. C. 2005. An Analysis of the Burning of Polyester and Vinylester Fibre Glass Composites, Fire and Materials, 29, 249-264.
- Burdurlu, E., 1994. Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim – Kullanım Teknolojisi, Ankara, s. 201–306.
- Chen, S., Zheng, Q., Ye, G., Zheng, G., 2006. Fire Retardant Properties of the Viscose Rayon Containing Alkoxy-cyclo-triphosphazene. Journal of Applied Polymer Science, 102, 698-702.
- Ching- Mu T., Wang, Y.L., 1991. Incombustibility of fire retardant-paint coated wood panels. Quart. J. Expt. Forest, NTU 5: 45-60.
- Cremonini, C., Pizzi, A. ve Tekely, P., 1996. Improvement of PMUF Adhesives, Performance For Fireproof Plywood, Holz and Ron-und Werkstoffe, 54, 43-47.
- Cremonini, C., Pizzi, A. ve Toro, C., 1997. Improved Waterproofing of UF Plywood Adhesives by Melamine Salts as Glue Mix Hardeners: System Performance Optimization, Holzforschung und Holzverwertung, 49, 11-15.
- Çavdar, A.D., Tomak, E.D., Kalaycıoğlu, H., 2008. II. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı 17-18 Nisan, Ankara.
- Çavdar, A.D., Kalaycıoğlu, H., 2009. The effect of Boric Acid and Zinc Borate Usage on Properties of Cement Bonded Particleboard, IV. International Boron Symposium, 15-17 Ekim, Eskişehir.
- Çolak, S., Çolakoglu, G., 2004. Volatile acetic acid and formaldehyde emission from plywood treated with boron compound. Build Environ 39(5):533–536
- Çolakoğlu, G., Çolak, S., Aydın, İ., Yıldız, Ü.C., Yıldız, S., 2003. “Effect of Boric Acid Treatment on Mechanical Properties of Laminated Beech Veneer Lumber”, Silva Fennica, 37 (4): 505-510.

- Çolakoğlu, G., Demirkır, C., 2006. Characteristics of Plywood Panels Produced with Urea Formaldehyde Resin (UF) Containing Borax. *European Journal of Wood and Wood products* Volume 64, Number 3, 250–251.
- Curling, S.F., Murphy, R.J., 1999. The Effect of Artificial Aging on the Durability of Woodbased Board Materials Against Basidiomycete Decay Fungi. *Wood Sci. and Technology* 33: 245–257.
- Denizli, N., 1997. Physical and Mechanical Properties of Laminated Strand Lumber Treated with Fire Retardent, Master of Science Degree, State University of Newyork College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, UMI, 48130.
- Dietenberg, A. M., White H. R., 2001. Reaction-to-Fire Testing and Modeling for wood Products, IN: Twelfth Annual BBC Conference on Flame Retardency, Business Comminucations Co, Inc., 54-59.
- Dikerler, İ., 1999. “Üretim Dünyasından”, *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, Sayı 2, S:32–34, İstanbul.
- Döngel, N., 2005. Ahşap ve Ahşap Esaslı Kaplama Malzemelerinin (Parke) Teknik Özellikleri, Doktora Tezi, Fen bilimleri Ens. Ankara.
- Dönmez, A., 2005. Bazı Borlu Bileşiklerle Muamele Edilmiş Melez Kavak (*Populus Euroamericana Cv.*) Yongaları ve Kraft Lignin Fenol Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilen Yönlendirilmiş Yongalevhaların (OSB) Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 134 s.Trabzon.
- Dönmez, Ç., A., Dizman Topak, E., Kalaycıoğlu, H., 2008. Borik Asitle Muamele Edilen Yonga Levhaların Oksijen İndeksi Testi ile Yanma Özelliklerinin Belirlenmesi. ‘2. Ulusal Bor Çalıştayı, 17–18 Nisan, Ankara, 251–259.
- Dönmez, Ç., A., Kalaycıoğlu, H., Ertaş, M., Alma, M.H., 2009. Borik asit ve çinko borat kullanımınınÇimentolu yonga Levha Özellikleri Üzerine Etkisi, 4. Uluslar arası bor sempozyumu, 15-17 Ekim, Eskişehir.
- Duquesne, S., Bras, L.M., Bourbigot, S., Delobel, R., Camino, G., Eling, B., Lindsay, C., Roels, T. ve Vezin, H., 2001. Mechanism of Fire Retardancy of Polyurethanes Using Ammonium Polyphosphate, *Journal of Applied Polymer Science*, 82, 3262–3274.
- Eickner, H. W., 1966. Fire Retardent-Treated Wood, *Journal of Materials*, 1, 3, 625–644.
- Ellis, D.W., Rowell, M.R., LeVan, L.S., Susott, A.R., 1987. Thermal Degradation Properties of Wood Reacted with Diethylchlorophosphate or Phenylphosphonic Dichloride as Potential Flame Retardants, *Wood and Fiber Science*, 19, 4, 439-445.
- Ellis, D.W., Rowell, M. R. 1989. Flame Retardent Treatment of Wood with a Diisocyanate and an Oligomer Phosphonate, *Wood and Fiber Science*, 21, 4, 367-375.

- Eroğlu, H., 1988. 'Lif levha Endüstrisi' K.T.Ü. Orman Fakültesi, Ders Notları, Yayın No: 304, Trabzon.
- Eroğlu, H. ve Usta, M., 2000. Liflevha Üretim Teknolojisi, Ders Notları, Yayın No: 200, Trabzon.
- Gao, M., Sun, C.Y., Wang, C.X., 2006. "Thermal degradation of wood treated with flameretardants", *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 85(3): 763-769
- Gentaş A.Ş., 2001. Laminat İşletme İçi Seminer Notları, Mayıs 1998, 1999, 2001; Mengen.
- George, B., Suttie, E., Merlin, A., Deglise, X., 2005. Photodegradation and photostabilian of Wood- the State of the Art, *Polymer Degredation and Stability*, 88, 268-274.
- Getto, H.,Ishihara, S., 1998. The Fire Retardance and Endurance of Functionally Graded Wood in the Case of the Heat- Compressed Treatment Method, *Fire and Materials*, 22, 199-206.
- Gobabaie, H., 2006. Applications of Biocomposites in Building Industry, Department of Plant Agriculture University of Guelph; http://plant.uoguelph.ca/course/plnt-6250/pdf/M_Golbabaie.pdf.
- Goldstein, I.S., 1973. Degradation And Protection of Wood from Thermal Attack, in; *Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments*, Syracuse University Press, Vol.I: 307 – 339 .
- Goos, A. W., 1952. The Thermal Decomposition of Wood, Ch. 20. In "Wood Chemistry." L.E. Wise and E. C. Jahn, eds. 2nd ed. Reinhold, New York.
- Grexa, O., Horvathova, E., Besinova, O. And Lehocky, P., 1999. Flame retardant plywood, *Polymer Degradation and Stability* 64 pp. 529–533.
- Grexa, O., 2000. Flame Retardent Treated Wood Products, *Wood and Fire Safety 4th International Scientific Conference, Proceedins, Part I*, 101-110.
- Groah, W.J., Gramp, G.D., Trant, M., 1984. Effect of Decarative Vinyl Overlay on Formaldehyde Emission. *Forest Product Journal* 34(4), 27–29.
- Gu H.M., Zink-Sharp A., 2005. Geometric model for softwood transverse thermal conductivity. Part 1. *Wood and Fiber Science*, 37 (4), 699-711.
- Gu, W.J., Zhang, C.G., Dong, L.S., Zhang, Y.Q., Kong, J., 2007. Study on Preparation and Fire Retardent Mechanism Analysis of İntumescent Flame Retardent Coatings, *Surface-Coating Technology*, 201, 7835-7841.
- Güler, C., 2001. Pamuk Saplarından Yonga Levha Üretimi Olanaklarının Araştırılması. *Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi*, 150s, Bartın.
- Günay, R., 2007. Geleneksel Ahşap Yapılar Sorunları ve ÇözümYolları, Birsen Yayınevi.
- Hafizoğlu, H., 1987. Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları, K.T.Ü Basımevi, Fakülte Yayın No:52, Trabzon.

- Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M. K., Yıldız, Ü. C., Baysal, E., Demirci, Z., Peker, H., 1994. 'Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları', Tübitak, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Projesi, Kod No: TOAG-875, 374s., Trabzon.
- Hashim, R., Murphy, R.J., Dickinson, D.J., Dinwoodie, J.M., 1994. The Mechanical Properties of Boards Treated with Vapor Boron, Forest Products Journal 44,73-79.
- Hashim, R., Sulaiman, O., Kumar, R. N., Tamyez, P.F., Murphy, R.J., Ali, Z., 2009. Physical and Mechanical Properties of Flame Retardant Urea Formaldehyde Medium Density Fiberboard, Journal of Materials Processing Technology, Volume 209, Issue 2, 19 January, Pages 635-640.
- Hilado, C.J., Murphy, R.M., 1979. Fire Response of Organic Polymeric Materials, Design of Buildings for Fire Safety : A Symposium ASTM Special Technical Publication 68r, 242p., Philadelphia, USA.
- Holmes, C. A., 1974. The Fire Performance of Wood and Its Provement by Fire Retardent Treatments, American Wood Preserves; Association, 95-102.
- Holmes, C. A., 1977. Effect of Fire Retardant Treatments on the Performance Properties of Wood. In: I.S. Goldstein, Editor, Wood Technology Chemical Aspects. ACS Symposium Series 43, American Chemical Society, Washington, DC(1977),p. 83.
- İlhan, E., 1976. Türkiye Jeolojisi. Nuray Matbaası, Ankara, 239s.
- İlhan, R., 1988. Prefabrik Konut Yapımında Yangına Karşı Alınması Gereken Önlemler, Ahşap Malzemenin Korunması, Milli Produktivite Merkezi Yayınları, 338.
- İnger, E., 2008. www.boren.gov.tr
- İstek, A., 2006. Sert lif levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine sıcaklık ve basıncın etkisi, ZKU Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 10
- Ibach, R.E. 1999. Wood Preservation. In Wood handbook, Forest Products Laboratory. FPL-GTR-113, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 330-340 p.
- Kalaycıoğlu, H., Yıldız, Ü.C., Temiz, A., Özdemir, T., Çavdar, A.D., 2009. Effect of Boron Compounds on Some Mechanical Properties of Wood Composites, IV. International Boron Symposium, 15-17 Ekim, Eskişehir.
- Kamke, A.F., Zylkowski, S.C., 1989. 'Effects of Wood-Based Panel Characteristics on Thermal Conductivity' Forest Products Journal, Volum, 39 no:5 p; 39-24.
- Kanury, A. M., 1972. Fire Res. Abstr. and Rev. 14(1): 24-52.
- Karayılmazlar, S., Aşkın, A., 2001. 'Laminat Üretimi Teknolojisi ve Önemi' ZKÜ. Bartın Orman Fakültesi Dergisi Sayı: 1-2 Ocak- Aralık, 105.

- Kartal, S. N., Green, F., 2002. Development and Application of Colorimetric Microassay for Determining Boron-Containing Compounds. *Forest Prod J*, 52(6):75–79.
- Kartal, S. N., İmamura, Y., 2004. The Use of Boron as Wood Preservative System for Wood and Wood-Based Composites, 2nd International Boron Symposium, 23–25 September, Eskişehir, 153-164.
- Kartal, S. N., İmamura Y., 2004. Effects of N0-N-(1,8-Naphthyl) Hydroxylamine (NHA-Na) and Hydroxynaphthalimide (NHA-H) on Boron Leachability and Biological Degradation of Wood. *Holz als Roh und Werkstoff*, 62(5):378–85.
- Kartal, S.N., Ayrılmış, N. ve İmamura, Y., 2005. Decay and Termite Resistance of Plywood Treated with Various Fire Retardants, *Building and Environment*, 42,1207-1211.
- Kartal, S.N., Ayrılmış, N., İmamura, Y., 2007. Decay and Termite Resistance of Plywood Treated with Various Fire Retardants, *Building and Environment Volume 42, Issue 3, March, Pages 1207-1211.*
- Kartal, S.N., Terzi, E., Hwang, W.J., Shinoda, K., İmamura, Y., 2008a. Plywood Treatment with Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate (DDAC) ve Didecyldimethyl Ammonium Chloride (DDAC): Mechanical Properties and Biological Resistance.
- Kayan, S., 2004. Marmara Üniversitesi FBE Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı Testil Materyallerinin Yanma Mekanizması ve Limit Oksijen indeks Değerleri. *Enstrümantal Analiz Dersi, İstanbul.*
- Kılınç., M., Bayram, G., 2006. Çinko Borat Katkılı Polipropilen Bazlı Kompozitlerin Yanma davranışları ve Mekanik Özellikleri, III. Uluslararası Bor Sempozyumu Ankara, 238–243.
- Kim, S., Kim, H.J., 2006. Anti-bacterial performance of colloidal silver-treated laminate wood flooring, *International Biodeterioration & Biodegradation Volume 57, Issue 3, April, Pages 155-162.*
- Kim, S., 2009. Environment-friendly adhesives for surface bonding of wood-based flooring using natural tannin to reduce formaldehyde and TVOC emission, *Bioresource Technology Volume 100, Issue 2, January, Pages 744-748.*
- Kolmann, F.P.F., Kuenzi, E.W., Stamm, A.J., 1975. *Principles of Wood Science Technology II, Wood Based Materials, Springer Verlag, Berlin, 672.*
- Korkut, S., 2003. Parke, Marka Yayınlar, Yıl: 3,Sayı: 16, Eylül-Ekim 2003.
- Kordina, K., Meyer-Ottens, C., 1977. *Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen. Dusseldorf, Deutschland.*
- Kozłowski, R., Mieleniak, B., Helwig, M., Przepiera, A., 1999. Flame Resistant Lignocellulosic-Mineral Composite Particleboards, *Polymer Degredation and Stability*, 64, 523-528.

- Laks, P.E., Palardy, R.D., 1992. Properties Process Considerations for Preservative Containing Waferboards, In. Proc. Wood Adhesives 1990. Forest Products Res. Soc. Madison, WI., 12-17.
- Laks, P.E., Palardy, R.D., 1993. Properties and Process Considerations for Preservative Containing Waferboards. International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) Symposium on the Protection of Wood-Based Composite Products, May 1993, Orlando, FL, Forest Products Society, pp. 12–17.
- Laks, P.E., Manning, M.J., 1997. Mobility of Zinc Borate Wood Composite Preservative. Doc. No. IRG/WP 97–30153. The Inter. Res. Group on Wood Preservation, Stockholm, Sweden.
- Lebow, S.T. ve Winandy, J.E., 1999. Effect of Fire Retardant Treatment on Plywood pH and Relationship of pH to Strength Properties, Wood Science and Technology, 33, 285-289.
- LeVan, S.L., 1984. Chemistry of fire retardancy. The chemistry of solid wood. In: Rowell R (ed) Advances in chemistry series 207. American Chemical Society.
- Levan, S.L., Collet, P.M., 1989. Choosing and Applying–Retardent-Treated Plywood and Lumber for Roof Designs. Gen. Technical. Rep. GTR–62. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- LeVan, S., Winandy J.E., 1990. Effect of Fireretardant Treatments on Wood Strength: A review. Wood and Fiber Science, 22(1): 113–131.
- LeVan, S.L., Tran, H.C., 1990. The role of boron in flame-retardant treatments. In: Hamel M, editor. First international conference on wood protection with diffusible Preservatives. Proceedings 47355, Nashville, TN, November 28–30, p. 39–41.
- Lewis, W.C., 1967. ‘Thermal Conductivity of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.’ Research Paper FBL 77, USDA. Forest Service Forest Products Lab., Madison, Wis.
- Li, J., Li, B. ve Zhang, X., Su, R., 2000. An XPS/FTIR/TGA Investigation of Thermal Degradation, And Charring Process of Manchurian Ash Lignin, In The Condensed Phase. The Effect of Ammonium Polyphosphate, Ammonium Dihydrogen Phosphate and Boric Acid, http://modest.unipa.it/conferences/2000/html/symp2/O2Th_1115.pdf, 20 Eylül .
- Lindström, T. ve Carlsson, G., 1978. The Effect of Environment on Fiber Swelling, EUCEPA Symposium in Warsawo.
- Lilholt H. and Lawther J. M., “Natural Organic Fibers, Comprehensive Composites Materials”, A. Kelly and C. Zweben eds., Elsevier, Oxford, 2000.
- Liodakis, S., Bakirtzis, D. ve Dimitrakopoulos, P.A., 2003. Autoignition and Thermogravimetric Analysis of Forest Species Treated with Fire Retardents, Thermachimical Acta, 399, 31-42.

- Liu, Q., Lv, C., Yang, Y., He, F., Ling, L., 2004. Investigation on the Effects of Fire Retardants on the Thermal Decomposition of Wood-derived Rayon Fiber in an Inert Atmosphere by Thermogravimetry–mass spectrometry, *Thermochimica Acta*, 419, 205–209.
- Lloyd, J.D., 1998. Borates and Their Biological Applications. The International Research Group on Wood Preservation 29th Annual Meeting, IRG/WP/98–30178, Maastricht, Netherlands.
- Lyons, J.W., 1970. The chemistry and Use of Fire Retardants. Wiley Interscience, NewYork.
- Malkoçoğlu, A., Çetin, N., Özdemir, T., 1999. ‘Turgay Profil Üretiminde Kullanılan Malzemeler’.
- Mallick, P.K., 1997. Composites Engineering Handbook, Marcel Deccer, Inc., Newyork U.S.A.
- Malony, TM., 1977. ‘Modern Particleboards and Dry-process Fiberboards Manufacturing’, San Francisco, Miller Greeman Publishs, 13-15 (1977).
- Manning, M.J., Lloyd, J., Schoeman, M., 1997. The future of diffusible preservative and pesticide systems. The Second International Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives and Pesticides, 1997, Forest Products Society, Madison, WI, pp. 157–168.
- Merev, N., 1998. ‘Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı’ Yayın No: 306, Trabzon.
- Mitchell, S., 1993. Fire Performance of Wood: Test Methods and Fire Retardant Treatments. Proceedings of the 4th Annual BCC Conference on Rame Retardancy, 18–20 May, Stamford, CT Normwalk, CT: Business Commucinations Co. 1993; Inc: 36–43.
- Murphy, R.J., Dickinson, D.J., Turner, P., Wickens, P.J., Hashim, R., 1993. Vapor boron treatment of wood composites. In: Inter. Union of Forestry Research Organization (IUFRO) Symp on the Protection of Wood- Based Composite Products. Forest Prod. Soc., Madison, WI. pp. 49–56.
- Nemli, G., 2000. Yüzey Kaplama Malzemeleri ve Uygulama Parametrelerinin Yongalevha Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bil. Enstitüsü., Trabzon.
- Nemli, G., Yıldız, S., Gezer, E.D., 2005. Effects of Melamine Raw Paper Weight, Varnish Type and the Structure of Continuous Pressed Laminate (CPL) on the Physical, Mechanical Properties and Decay Resistance of Particleboard International Biodeterioration & Biodegradation Volume 56, Issue 3, October 2005, Pages 166-172.
- Niazi, A.K., Gertjojensen, R.O., 1979. Linear Dimensional Stability of Aspen Veneered Particleboard, *Forest Products Journal*, 28-29.
- Nikitin, N.I., 1966. The Chemistry of Cellulose and Wood, Jarusalem.

- Nishimoto, K., 1992. Mokuzai Boukaza (Fire retarding agent for wood). Mokuzai Hozongaku Nyumonn (Handbook of wood preservative science), Japon Wood Preserving Association (JWPA), p. 128–129.
- Nassbaum, R., 1988. The effect of Low Concentration Fire Retardant Impregnations on Wood Charring Rate and Char Yield. *Journal of Fire Sciences*, Vol: 6,290–306.
- Okçu, O., 2006. Emprenye Edilmiş Lamine Ağaç Malzemenin Yapışma ve Yanma Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Örs, Y., Atar, M., Peker, H., 1999. Sarıçam Odununun Yanma Özelliklerine Bazı Borlu Bileşikler ve Su İtici Maddelerin Etkileri, *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 23, 501– 509.
- Östman, B., Voss, A., Hovde J. P., Grexa, O., 2001. Durability of Fire Retardent Treated Wood Product at Humid and Exterior Conditions Review of Literature, *Fire and Materials* 25, 95-104.
- Özalp, M., 2010a. The Effect of Borax Pentahydrate Addition to Urea Formaldehyde on the Mechanical Characteristics and Free Formaldehyde Content of Medium Density Fiberboard (MDF), *Wood Prod.* 68: 117–119.
- Özalp, M., 2010b. Study of the Effect of Adding the Powder of Waste PET Bottles and Borax Pentahydrate to the Urea Formaldehyde Adhesive Applied on Plywood, *Eur. J. Wood Prod.*
- Özçifçi, A., 2001. Emprenye Edilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özçifçi, A., 2006. Effects of Boron Compounds on the Bonding Strength of Phenol-Formaldehyde and Melamine-Formaldehyde Adhesives to Impregnated Wood Materials. *J Adhesion Sci. Technol.*, 20 (10): 1147-1153.
- Özçifçi, A., 2008. Impacts of some chemicals on combustion properties of impregnated laminated veneer lumber (LVL), *journal of materials processing technology* 199 1–9.
- Özkaya, K., Ilce A.C., Burdurlu E., Aslan S., 2007. The Effect of Potassium Carbonate, Borax, and Wolmanit on the Burning Characteristics of Oriented Strandboard (OSB), *Construction and Building Materials*, Volume 21, Issue 7, 1457- 1462.
- Öztürk, O., 2003. Fiber Levha Kompozitlerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Polimerlerle İyileştirilmesi için Alternatif Yöntemler, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri, Ankara.
- Peterson, D. J., 2002. Kinetik and Termal Analysis of Polimeric Materyals, Doctor of Philosopy, The Universty of Utah, Departman of Chemistry.
- Pizzi, A., 1994. *Advanced Wood Adhesives Technology*. Marcel Dekker, Inc.

- Prassad, S.R., Frazoi, E.A., Poplar, R.R., Lex, J., 1999. Humidity Independent Static Dissipative Laminate; International Application Published Under The Patent Cooperation Treaty, Washington (US).
- Richardson, B.A., 1978. Wood Preservation, First edition, The Construction Press, Longman inc., New York.
- Robert, H.W., Dietenberg, M.A., 2005. Fire Safety, Chapter 17, 17-1, 17-13.
- Roberts, R.J., Evans, P.D., 2005; Effect of Manufacturing Variables on Surface Quality and Distribution of Melamine Formaldehyd Resin in Paper Laminates; Department of Applied Mathematics; Research School of Physical Sciences and Engineering, The Australian National University, Canberra, Act 0200, Australie, Centre for Advanced Wood Processing, University of British Columbia, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada; v 36, n 1, p 95-104.
- Roffael, E., 1993. Formaldehyde Release from Particleboard and Other Wood Based Panels, Malayan Forest Records No.37.
- Rowell, R.M., Susott, A.R., Degroot F.W., Shafizadeh, F., 1984. Bonding Fire Retardents to Wood. Part 1. Thermal Behaviour of Chemical Bonding Agents, Wood and Fiber Science, 16, 2, 214–223.
- Rowell, R.M., 1995. Chemical Modification of Agricultural Fiber for Property Enhanced Composites, Research in Industrial Application of Non Food Crops, I. Plant Fibres, Proceedings of a seminar , May, Denmark, Academy of Technical Science, 49-70.
- Rowell, R. M., 2005. Handbook of wood Chemistry and Wood Composite, CRC pres.
- Rowell, R.M., Levan-Green, S., 2005. Thermal Properties, USDA, Forest Service, Forest Product Laboratory, Madison, WI and Department of Biological Systems Engineering, University of Wisconsin, Madison, WI.
- Ruberg , U., Hafren, J., 2009. ‘ Gravimetric screening method for fungal decay of paper: Inoculation with *Trametes versicolor*,’ Biotechnol Lett DOI 10.1007/s10529-009-0038-x; 6 pages.
- Sandala, G.M., Blankenhorn R.P., Kline E.D., 1981. Termal analysis of White Oak, Northern Red Oak and Black Chery Bark Chemical Components, Wood Science, 13, 3.
- Sachdew, S.V.S., Kotresh, T.M., Vyawahare, K.M., 2004. Heat Release Charectristics of the Basic Materials used for Flying Clothing, Ind J. Aerospace Med 48, 1, 53-58.
- Sanyal, S.N., Jain, V.K., Dubey, Y.M., Verma, P.C., 1991. A preliminary note on relationship between dielectric properties and thermal conductivity of wood. Journal of Indian Academy of Wood Science, 22 (2), 45-49.
- Schartel, S., Hull, T.R., 2007. Development of Fire – Retardent Materials-interpretation.
- Sen, S., Hafizoğlu, H. ve Dığrak, M., 2002. Bazı Bitkisel Ekstratların Fungisit Olarak Odun Koruyucu Etkilerinin Araştırılması, KSU Fen ve Mühendislik Dergisi 5 (1).

- Şimşek, H., Yılmaz, F., Baysal, E., Toker, H., Göktaş, O., Çolak, M., 2009. Oven-Dried Density Values and Decay Resistance of Wood Treated with Boron Compounds, IV. International Boron Symposium, 15–17 Ekim, Eskişehir.
- Şimşek, H., Baysal, E., Peker, H., 2010. Some Mechanical Properties and Decay Resistance of Wood Impregnated with Environmentally-Friendly Borates. Construction and Building Materials Volume 24, Issue 11, November 2010, Pages 2279–2284.
- Sivrikaya, H., 2004. Bor Madeninin Ahşap Koruma Endüstrisinde Değerlendirilmesi. II. Uluslararası Bor Sempozyumu 23–25 Eylül 2004. Eskişehir.
- Slade, P.E., JR., Jenkins, L.T., 1966. Techniques and Methods of Polymer Evaluation. Newyork: Marcel Dekker, Inc.
- Spirckel, M., Regnier, N., Mortaigne, B., Youssef, B., 2002. Thermal Degredation and Fire Performance of New Phosphonate Polyurethanes, Polymer Degredation and Stability, 78, 211–218.
- Stevens, R., Es, S.V.D., Bezemer, R. ve Krenanbarg, A., 2006. The Structure-Activity Relationship of Fire retardent Phosphorus Compounds in Wood, Polymer Degredation and Stability, 78, 211-218.
- Stevens, R., Es, S.V.D., Bezemer, R., Kranenbarg, A., 2006. The Structure-Activity Relationship of Fire Retardant Phosphorus Compounds in Wood, Polymer Degredation and Stability, 91, 832-841. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 63, 147-156.
- Suchsland, O., Woodson, G.E., 1986. Fiberboard Manufacturing Practices in the United States, Agric. Handb. 640. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture
- Sweet, M.S., Winandy, J.E., 1999. Influence of Degree of Polymerization of Cellulose and Hemicellulose on Strength Loss in Fire-Retardant-Treated Southern Pine, Holzforschung, 53, 311-317.
- Temiz, A., 2005. Benzetilmiş Dış Hava Koşullarının Emprenyeli Ağaç malzeme üzerine Etkisi, Doktora Tezi, KTU, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- Terzi, E., Kartal, S.N., White R.H., Shinoda, K., Imamura, Y., 2009. Fire Performance and Decay Resistance of Solid Wood and Plywood Treated with Quaternary Ammonia Compounds and Common Fire Retardants, Eur. J. Wood Prod. (2011) 69: 41–51.
- Tzamtzis, N., Papa, A., Statheropoulus, M., Fasseas, C., 2002. Effects of Fire Retardants on the Pyrolysis of Pinus Halepensis Needles Using Microscopic Techniques, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 63, 147-156.
- Tran, H.C., LeVan, S.L., 1990. The Role of Boron in Flame-Retardant Treatments. In: Hamel M (ed) Proceedings, 1st International Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives, no. 47355, Nashville, TN, 28–30 November, pp 39–41.
- Tran, C.H., White, H.R., 1992. Burning Rate of Solid Wood Measured in a Heat Release Rate Calorimeter, Fire and Materials, 16, 197-206.

- Troitsch, H. J., 1998. Overview of Flame retardants, *Chimica Oggi/chemistry Today*, V.16.
- TS 2129, 1975. Odun Lifi ve Yonga Levhalar, TSE, Ankara.
- TS 344, 1981. Ahşap Koruma Genel Kuralları, TSE, Ankara.
- TS 1947, 1993. ‘Dekoratif Lamine Levhalar- Yüksek Basınçta Sıkıştırılmış Termoset Reçine Esaslı’ TS Standardı, Ankara, TSE, Ankara.
- TS 5563 EN 113, 1996. Ahşap Koruyucular-Agar Ortamında Odunu Tahrip Eden Basidiomisetlere Karşı Zehirlilik Değerlerinin Tayini, TSE, Ankara.
- TS 4894 EN 120, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Formaldehit Miktarının Tayini – Ekstraksiyon Metodu ile Ayırma,
- TS EN 310, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar Eğilme Dayanımı ve Eğilme-Elastikiyet Modülünün Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1999. Yonga levhalar ve Lif Levhalar Su İçerisine Daldırma İşleminden Sonra Kalınlığına Şişme Tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 319, 1999. Yonga Levhalar ve Lif Levha Yüzeyine Dik Çekme Direncinin Tayin Edilmesi. TSE, Ankara.
- TS EN 322, 1999. Ahşap levhalar rutubet miktarının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 323, 1999. Ahşap esaslı levhalar, deney parçalarının boyutlarının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 325, 1999. Ahşap esaslı levhalar deney parçalarının boyutlarının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 438-1, 2001. Dekoratif Lamine Levhalar-Yüksek Basınçta Sıkıştırılmış-Termoset Reçine Esaslı, TSE, Ankara.
- TS EN 311, 2005. Ahşap esaslı levhalar – Yüzey sağlamlığı – Deney metodu, TSE, Ankara.
- TS EN 13329, 2006. ‘Laminat Yer Kaplamaları-Özellikler ve Deney Metodları’, TSE, Ankara.
- TS EN 438-2, 2007. Dekoratif lâmine levhalar (HPL) – Yüksek basınçta sıkıştırılmış – Termoset reçine esaslı – Bölüm 2: Özelliklerin tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 316, 2009. Odundan mamul lif levhalar - Tarifler, sınıflandırma ve semboller, TSE, Ankara.
- Tsunoda, K.H. Watanabe, Fukuda, K., Hagio., K.K., 2002. Effects of zinc borate on the properties of medium Density Fiberboard. *Forest Products Journal* 52: 62–65.

- Tutuş, A., Kurt, R., Alma, M.H., Meriç, H., 2010. Sarıçam odununun kimyasal analizi ve termal özellikleri III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20-22 Mayıs Cilt: V Sayfa: 1845-1851.
- URL, 2007. <http://www.ido-forum.org/doga-ve-cevre/154676-bor-hakkinda-hersey.html>
- URL, 2009. Forest Products Laboratory, Wood Handbook, Madison, WI:U. S. Department of Agriculture, Forest Service, 1999. [www.fpl.fs.fed.us(2000)].
- URL, 2011a. <http://www.2gkapi.com/parke/laminant-parke.html>.
- URL, 2011b. www.yildizyapı.com/kaindl_laminat_parke.php.
- URL, 2011c. <http://www.ovitzemin.com.tr/>
- URL, 2011d. www.palandokenparke.com/hakkinda.html
- URL, 2011e. [http://www.yetersiz.net/tag/hdf/Ahmet Kanburoğlu](http://www.yetersiz.net/tag/hdf/Ahmet_Kanburoğlu).
- URL, 2011f. <http://logoclic.info.html>
- URL, 2011g. <http://balterio.com>
- URL, 2011h. [http://www.Specialchem4polymers.com/tc/ammonium polyphosphate / index.aspx&usg](http://www.Specialchem4polymers.com/tc/ammoniumpolyphosphate/index.aspx&usg).
- URL, 2011i. <http://www.purdue.edu/rem/rs/sem.htm>.
- Usta, M., Ustaömer, D., 2008. Çeşitli Bileşiklerle Muamele Edilerek Üretilmiş Orta Yoğunlukta Liflevhaların (MDF) Bazı Fiziksel ve Yanma Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi, 2. Ulusal Bor Çalıştayı Kitabı, Ankara.
- Ustaömer, D., 2008. Çeşitli Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerle Muamele Edilerek Orta yoğunluklu Lif Levhaların (MDF) Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri enstitüsü, Trabzon, 244s.
- Ustaömer, D., Usta, M., Yıldız, Ü.C., Yıldız, S., Tomak, E., 2009. The Determination of Decay Resistance of Medium Density Fiberboard (MDF) Produced by Treatment with Borax and Boric Acid, IV. International Boron Symposium, 15-17 Ekim, Eskişehir.
- Uysal, B., 1997. Çeşitli Kimyasal Maddelerin Ağaç Malzemenin Yanmaya Dayanıklılığı Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uysal, B., Kurt, Ş., 2005. Borlu Bileşiklerle Emprenye Edilmiş Kayın ve Sarıçam Ağaçlarının Yanma Özellikleri, I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, Nisan, Ankara.
- Uzel, M., 2006. Suda Eriyen Bazı Tuzlarla Yonga Levhaların Yanma Dayanımlarının Arttırılması. H. Ü., Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Uysal, B., Kurt, Ş., Özcan, C., Yapıcı, F., Esen, R., 2010. Bazı Yangın Geciktiriciler ile Emprenye Edilen Göknar Odununun Isı İletkenliği. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Cilt: V Sayfa: 1788-1798.
- Var, A.A., 2000. Emprenye edilmiş Yongalardan Üretilen Yonga Levhaların Bazı Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Wagner, J. P., 1972. Fire Res. Abstr. and Rev. 14(1):1-23.
- Wang, S., 2000. Phosphorus-Containing Polymers, Their Blends and Hybrid Nanocomposites with Poly(hydroxy ether), Metal Chlorides and Silica Colloids, Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy in Chemistry, Blacksburg, Virginia.
- Wang, Q., Li, J. ve Winandy, E.J., 2004. Chemical Mechanism of Fire Retardance of Boric Acid on Wood, Wood Science Technology 38: 375-389.
- Weil, D.E., 1994. Phosphorous Flame Retardants. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chem. Tech., John Wiley, N.Y.
- White, H.R. ve Nordheim V.E., 1992. Charring Rate of Wood for ASTM E119 Exposure, Fire Technology, 28, 1, 5-24.
- White, H.R., 1997. Fire Testing of Recycled Materials of Building Applications, www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf71997/white_97a.pdf.
- White, H.R. ve Dietenberger A.M., 1999. Fire Safety, Wood Handbook-wood as an Engineering Material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR, 113, 1-16.
- White, H.R., Dietenberg A.M., 2001. Wood Products: Thermal Degredation and Fire, Encyclopedia of Materials: Science and Technology, ISBN:0-08-0431526, 9712-16
- Vick, C.B., 1994. Phenolic Adhesive Boards to Aspen Veneers Treated with Amino-Resin Fire Retardants. Forest Products Journal, 44, 1, 33-40.
- Winandy, J.E., Morell, J., 1990. 'Protection of Wood Design in Adverse Environments', In: Proceedings of I. Forest Product, 354-359.
- Winandy, J., Schmidt, E., 1995. Preliminary Development of Remedial Treatments for Thermally Degraded Fire-Retardant Treated Wood. Forest. Prod. J. 45(2): 51-52.
- Yamaguchi, H., 2003. Silicic acid: Boric Acid Complexes as Wood Preservatives. Wood Sei Technology 37, 287-297.
- Yalınkılıç, M.K., Baysal, E., Demirci, Z., 1995. "Bazı Borlu Bileşiklerin ve Su İtici Maddelerin Kızıldağ Odununun Higroskopisitesi Üzerine Etkileri", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Denizli, 1: 2-3, 161-168.
- Yalınkılıç, M.K., Baysal, E., Demirci, Z., 1996a. "Douglas Göknarı (Pseudotsuga Menziesii (Mirb) Franco) Odununun Anatomik ve Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilebilme Özellikleri", Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 46-49.

- Yalınkılıç, M.K., Yusuf, S., Yoshimura, T., Takahashi, M., Tsunoda K., 1996b. Effect of Vapor Phase formalization of Boric Acid Treated Wood on Boron Leachability and Biological Resistance. In; Proceedings of Third Pacific Rim Bio-Based Composite Symposium, Kyoto, Japan, pp. 544–551.
- Yalınkılıç, M.K., Baysal E., Demirci Z., 1996c. Role of Treatment Chemicals in Combustion of Douglas fir Wood. Proceedings of the First Trabzon International Energy and Environment Symposium, My 29–31, Karadeniz Technical University Trabzon, Turkey, 814–821.
- Yalınkılıç, M.K., Baysal, E., Demirci, Z., 1997b. Fire Resistance of Calabrian Pine (*Pinus brutia* (Ten.)) Wood Treated With Some Boron Compounds and or Water Repellents. Turkish. J. of Agriculture and Forestry, Vol 4: 423–431.
- Yalınkılıç, K. M., 2000. Improvement of Boron Immobility in the Borate- Treated Wood and Composite Materials, PhD thesis, Kyoto University.
- Yanenko, M., 1988. Evaluation of the Toxicity and Combined Effect of Combustion of Wood – Samples Treated with Fire – Retardants, *Protivo Pozharnoi Oborony, Khimiya Drevesiny*, 5, 105 – 107 USSR.
- Yıldız, C. Ü., 2001. Odun Koruma Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon.
- Yıldız, C.Ü., 2006. Odunun Yangından Korunması, Basılmamış Ders Notu, Trabzon.
- Yusuf, S., 1996. Properties Enhanced of Wood by Cross-Linking Formation and Its Application to the Reconstituted Wood Products. Ph. D. Thesis, Kyoto University, Japon.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Ferhat ÖZDEMİR
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 02.07.1968 - Elbistan
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (344) 216 05 52 GSM: 0532 424 48 38
Faks : 0 (344) 561 35 11
E-posta : ferhatozd@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ / Fen Bilimleri Enstitüsü	2006
Lisans	İ.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği	1989
Lise	Kahramanmaraş Lisesi	1985

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2004–	KSÜ/Andırın MYO	Öğretim Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Karademir, A., **Özdemir, F.**, İmamoğlu, S., 2007. Effects of Alum-Rosin Sizing on some Wastepaper Grades, Biotechnology 6 (1): 148-152.
2. **Özdemir, F.**, Tutuş, A., 2011. Laminat Parkenin Yanmaya Yarşı Direncinin Artırılması Üzerine Araştırmalar, "I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu" bildiriler kitabı, s.83, 26-28 Ekim, K. Maraş.

Hobiler

Sanatsal Etkinlikler, Futbol, Basketbol, Yüzme,