

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KONTRPLAKLARDA EMPRENYE İŞLEMLERİNİN FORMALDEHİT VE ASİT
EMİSYONU İLE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERE ETKİLERİ**

127540

Orman Endüstri Yük. Müh. Semra ÇOLAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Doktor”

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

127540

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25.04.2002

Tezin Savunma Tarihi

**TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Ramazan KANTAY

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Saadettin GÜNER

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Hülya KALAYCIOĞLU

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Ümit C. YILDIZ

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Asım KADIOĞLU

Trabzon 2002

ÖNSÖZ

“Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Formaldehit ve Asit Emisyonu İle Teknolojik Özelliklere Etkileri” adlı bu çalışma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans ve Doktora danışmanlığımı üstlenerek, çalışma konusunun belirlenmesi, araştırmanın planlanması ve yürütülmesinde her türlü yardımını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU'na ve bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Ramazan KANTAY, Sayın Doç. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU, Sayın Doç. Dr. Saadettin GÜNER ve Sayın Doç. Dr. Ümit Cafer YILDIZ hocalarıma teşekkür etmeyi bir görev bilirim.

Tez çalışmam bünyesindeki asit emisyonlarının belirlenmesinde özverili çalışmalarından dolayı K.T.Ü. Tıp Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Haluk TESTERECİ'ye, çalışmada kullanılan emprenye maddeleri ve tutkalların teminini sağlayan Etibor A.Ş. Bandırma Bor ve Asit Fabrikaları İşletme Müdürlüğü ve Politrade Kimya Ticaret A.Ş. yetkililerine teşekkür ederim

Ayrıca laboratuvar çalışmalarım ve özellikle tez yazımı esnasında yardımlarını gördüğüm başta Arş. Gör. İsmail AYDIN olmak üzere tüm arkadaşlarım ve Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü akademik ve idari personeline teşekkür ederim.

Trabzon, Nisan 2002

Semra ÇOLAK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Tanımlar.....	2
1.3. Kontrplak Üretim Teknolojisi.....	4
1.3.1. Tomrukların Depolanması.....	5
1.3.2. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması.....	5
1.3.3. Tomruk Kabuklarının Soyulması.....	6
1.3.4. Kaplama Üretimi.....	7
1.3.5. Kaplama Levhalarının Taşınması, Kusurlarının Temizlenmesi ve Kurutulması.....	7
1.3.6. Kaplama Kenarlarının Kesilmesi, Düzeltilmesi ve Eklenmesi.....	8
1.3.7. Kaplama Levhalarının Tutkallanması.....	8
1.3.7.1. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar.....	8
1.3.7.1.1. Üre Formaldehit Tutkalı.....	10
1.3.7.1.2. Fenol Formaldehit Tutkalı (FF).....	12
1.3.7.1.3. Melamin Formaldehit Tutkalı.....	13
1.3.7.1.4. Diğer Yapıştırıcılar.....	14
1.3.7.2. Katkı ve Dolgu Maddeleri.....	15
1.3.8. Kontrplak Taslağının Preslenmesi.....	15
1.3.9. Kontrplakların Klimatize Edilmesi.....	16
1.4. Ağaç Malzemenin Yangına Karşı Muamelesi.....	17
1.4.1. Ağaç Malzemenin Yanmaya Karşı Muamelesinin Tarihsel Gelişimi.....	17
1.4.2. Yangın Açısından Ağaç Malzeme ve Diğer Yapısal Elemanların Karşılaştırılması.....	18

1.4.3. Ağaç Malzemenin Yanma Performansı ve Geliştirilmesi	19
1.4.3.1. Tutuşma	19
1.4.3.2. Termal Degradasyon.....	20
1.4.3.3. Yanma Penetrasyonu	21
1.4.3.4. Alev Yayılımı.....	22
1.4.3.5. Kor Haline Gelme.....	22
1.4.3.6. Duman Oluşumu.....	23
1.4.4. Yanmayı Geciktirme Mekanizması	23
1.4.5. Yanmayı Geciktiren Kimyasallar	25
1.4.5.1. Yıkanmaya Karşı Dirençli Olan Yanmayı Geciktirici Kimyasallar.....	26
1.4.5.2. Yanmayı Geciktirici Kaplama Maddeleri	27
1.4.6. Yanmayı Geciktirici Kimyasalların Odun Özelliklerine Etkileri.....	27
1.4.6.1. Direnç Üzerine Etkileri	28
1.4.6.2. Higroskopik Özelliklere Etkileri.....	28
1.4.6.3. Korozyon Üzerine Etkileri	29
1.4.6.4. Boyanabilirlik Üzerine Etkileri	29
1.4.6.5. İşlenebilirlik Üzerine Etkileri	29
1.4.6.6. Tutkalanabilirlik Üzerine Etkileri	29
1.4.7. Yanmayı Geciktiren Kimyasallarla Muamele Edilmiş Kontrplak.....	30
1.4.8. Kontrplakların Koruyucu Kimyasallarla Muamele Yöntemleri	30
1.5. Levha Ürünlerinde Uçucu Organik Bileşiklerin Emisyonu	31
1.5.1. Uçucu Organik Bileşiklerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri	34
1.5.2. VOC Emisyonuna Etki Eden Faktörler.....	36
1.5.2.1. Ağaç Türü	36
1.5.2.1.1. Odunun Asitliği.....	37
1.5.2.2. Levha Üretim Aşamalarının Etkisi	38
1.5.2.2.1. Odunun Kurutulması.....	38
1.5.2.2.2. Presleme Koşullarının Etkisi.....	39
1.5.3. Odun Levhalarından Ayrışan VOC'leri Belirleme Yöntemleri	40
1.5.3.1. EPA 25A Yöntemi.....	40
1.5.3.2. NCASI (National Council for Air and Stream Improvement) IM/CAN/WP-99.01 – Impinger/Canister Örnekleme Yöntemi	41

1.5.3.3. Modifiye Edilmiş EPA 25A Yöntemi.....	43
1.6. Formaldehit Emisyonu.....	44
1.6.1. Kontrplak Formaldehit Emisyonu Üzerine Etkili olan Faktörler.....	46
1.6.2. Kontrplak Formaldehit Emisyonu Belirleme Yöntemleri.....	47
1.6.2.1. Gaz Analizi Yöntemi.....	48
1.6.2.2. Deney Odası (Geniş Kabin) Yöntemi.....	48
1.6.2.3. Desikatör Yöntemleri.....	50
1.6.2.4. Küçük Hacimli Kabin Yöntemi (Small Chamber).....	50
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	52
2.1. Deneme Materyali.....	52
2.1.1. Ağaç Malzeme.....	52
2.1.2. Tutkal.....	52
2.1.3. Emprenye Maddesi.....	53
2.2. Deneme Levhalarının Üretimi.....	55
2.2.1. Soyma Kaplamaların Elde Edilmesi.....	55
2.2.2. Soyma Kaplamaların Kurutulması.....	55
2.2.3. Emprenye İşlemi.....	55
2.2.3.1. Kaplamaların Yanmayı Geciktirici Kimyasallarla Emprenyesi.....	56
2.2.3.2. Kimyasal Maddelerin Tutkal Karışımına İlavesi.....	57
2.2.4. Tutkal Reçetelerinin Hazırlanması ve Tutkallama.....	58
2.2.5. Presleme.....	58
2.2.6. Presleme Sonrası İşlemler.....	59
2.3. Araştırma Yöntemi.....	60
2.3.1. Fiziksel Özellikler.....	60
2.3.1.1. Yoğunluk.....	60
2.3.1.2. Rutubet Miktarı.....	61
2.3.2. Mekanik Özellikler.....	61
2.3.2.1. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	61
2.3.2.3. Çekme-Makaslama Direnci.....	63
2.3.3. Kimyasal Özellikler.....	64
2.3.3.1. pH.....	64
2.3.3.2. Tampon Kapasitesi.....	65

2.3.4. Emisyonların Belirlenmesi.....	66
2.3.4.1. Formaldehit Emisyonu.....	65
2.3.4.2. Asit Emisyonu.....	66
2.4.5. Yanma Deneyi.....	66
2.5. İstatistiksel Yöntem.....	68
3. BULGULAR.....	69
3.1. Fiziksel Özellikler.....	69
3.1.1. Yoğunluk.....	69
3.1.2. Rutubet.....	73
3.2. Mekanik Özellikler.....	76
3.2.1. Eğilme Direnci.....	76
3.2.2. Eğilmeye Elastikiyet Modülü.....	79
3.2.3. Çekme-Makaslama Direnci.....	83
3.3. Kimyasal Özellikler.....	86
3.3.1. pH.....	86
3.3.2. Tampon Kapasitesi.....	91
3.4. Emisyonlar.....	92
3.4.1. Formaldehit Emisyonu.....	92
3.4.2. Asit Emisyonu.....	95
3.5. Yanma Özellikleri.....	99
3.5.1. Yanma Kayıpları (Ağırlık Kaybı).....	99
3.5.2. Alev Kaynaklı Yanma Sıcaklığı, Kendi Kendine Alev Kaynaksız Yanma Sıcaklığı ve Kor Halinde Yanma Sıcaklıkları.....	102
3.5.3. Kendi Kendine Yanma Süresi, Kor Hali Süresi ve Yıkılma Anına Kadar Geçen Süre.....	104
3.5.4. Işık Yoğunlukları.....	105
4. İRDELEME.....	106
4.1. Fiziksel Özellikler.....	106
4.1.1. Yoğunluk.....	106
4.1.2. Rutubet.....	108
4.2. Mekanik Özellikler.....	109
4.2.1. Eğilme Direnci.....	109

4.2.2. Elastikiyet Modülü.....	112
4.2.3. Çekme-Makaslama Direnci	114
4.3. Kimyasal Özellikler	116
4.3.1. pH.....	116
4.3.2. Tampon Kapasitesi	121
4.4. Emisyonlar	123
4.4.1. Formaldehit Emisyonu	123
4.4.2. Asit Emisyonu	127
4.5. Yanma Özellikleri.....	131
4.5.1. Ağırlık Kayıpları	131
4.5.2. Yanma Sıcaklıkları.....	134
4.5.3. Işık Yoğunlukları.....	137
5. SONUÇLAR.....	139
5.1. Fiziksel Özellikler	139
5.1.1. Yoğunluk	139
5.1.2. Rutubet	139
5.2. Mekanik Özellikler	140
5.2.1. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	140
5.2.2. Çekme-Makaslama Direnci	141
5.3. Kimyasal Özellikler.....	141
5.3.1. pH ve Tampon Kapasitesi	141
5.3.2. Emisyonlar	142
5.4. Yanma	143
6. ÖNERİLER	145
7. KAYNAKLAR.....	148
ÖZGEÇMİŞ.....	160

ÖZET

Bu çalışmada, farklı ağaç türlerinden üretilen emprenyeli kontrplakların bazı teknolojik özellikleri ile formaldehit ve kullanım yerindeki uçucu asit emisyonu üzerine tutkal çeşidi, emprenye maddesi tür ve uygulanma şeklinin etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, iki ağaç türünden üç farklı emprenye maddesi kullanılarak laboratuvar koşullarında 5 tabakalı kontrplaklar üretilmiştir. İki tip ÜF tutkalı ve FF tutkalı kullanılarak gerçekleştirilen üretimde, emprenye maddelerinin uygulanması için iki ayrı yöntem kullanılmıştır: I. grup deneme levhaları emprenye maddesinin tutkal karışımına % 5 oranında ilave edilmesi şeklinde gerçekleştirilirken, II. grup levhalar % 5'lik emprenye çözeltisine daldırılarak emprenye edilen kaplamalardan üretilmiştir. Eşit koşullarda kondisyonlanan levhalardan standartlarda belirtilen boyutlarda deneme örnekleri hazırlanmış ve örnekler üzerinde hava kurusu yoğunluk, denge rutubet miktarı, eğilme direnci, elastikiyet modülü, çekme-makaslama direnci, pH, buffer kapasitesi, formaldehit ve uçucu asetik asit emisyonu ile yanma özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler yapılmıştır.

Sonuç olarak; ayrışan formaldehit ve uçucu asetik asit miktarı, kayın kontrplaklarda kızılğaç kontrplaklarına nazaran daha düşük bulunmuştur. Formaldehit emisyonu fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda daha düşük bulunurken uçucu asetik asit miktarı bu durumun aksine, FF tutkalı ile üretilen levhalarda önemli oranda daha yüksektir. Kullanılan emprenye maddelerinden boraks ve amonyum asetat levhalardan ayrışan formaldehit miktarını azaltıcı, borik asit ise artırıcı bir etki yapmıştır. Kızılğaç kontrplakların yanmada oluşan ağırlık kayıpları kayın kontrplaklara nazaran daha düşük bulunmuştur. Çekme-makaslama direnci kullanılan tüm emprenye maddeleri ve her iki uygulama şekli ile de düşmüş, diğer mekanik özelliklerde olumsuz etki belirlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Kontrplak, Ü/F Mol Oranı, ÜF ve FF Tutkalı, Uçucu Organik Bileşikler, Yanmayı Geciktirici Maddeler, Formaldehit Tutucu, Formaldehit ve Asit Emisyonu, Yanma Özellikleri.

SUMMARY

The Effects of Impregnation Procedure at Plywood on Technological Properties, Formaldehyde and Acid Emission of Plywood

In this study; some technological properties of the treated plywood produced with different wood species and the effects of adhesive, wood preservative types and treatment methods on the formaldehyde and volatile acid emission were determined. For this purpose, five-layer plywood panels were produced from beech and alder wood impregnated with three different wood preservatives in the laboratory. Two types of urea-formaldehyde and phenol formaldehyde resins were used and two treatment methods were applied. While first group panels were impregnated by soaking of individual veneer into 5 % aqueous preservatives solution, the second group samples were impregnated by adding preservatives into the glue mixture. Test specimens with the dimensions given in the national and international standards prepared from the experimental board were used for determination of following properties of the board; specific density, moisture content, bending strength, modulus of elasticity, shear strength, pH, buffer capacity, formaldehyde and volatile acetic acid emissions and combustion properties. As a result; formaldehyde and volatile acetic acid emissions of beech plywood were determined to be lower than that of alder plywood. The formaldehyde emissions were lower on the plywood produced with using phenol formaldehyde resin; however, the amount of volatile acetic acid was found to be significantly higher on the plywood produced with using the same resin. While borax and ammonium acetate put forward a reducing effect on the formaldehyde emissions of the plywood, boric acid showed an increasing effect. The weight losses of alder plywood obtained after combustion tests were lower than that of beech plywood panels. Shear strengths of all of the panel groups were reduced by impregnation, but no negative effect was determined on the other mechanical properties of test panels.

Key Words: Plywood, UF and FF Adhesive, U/F Mol Ratio, Fire-Retardant, Formaldehyde Scavenger, Volatile Organic Compound, Formaldehyde and Acetic Acid Emissions.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Kontrplak tipleri (A-Kaplamalı Kontrplak, B,C-Göbekli Kontrplak)	4
Şekil 2. Organik konsantrasyon ölçüm sistemi.....	41
Şekil 3. Yoğunlaştırıcı ile kombine edilmiş gaz toplama düzeneği	42
Şekil 4. Modifiye Edilmiş EPA 25A Metoduna Göre Gaz Toplama Düzeneği Şeması.....	43
Şekil 5. Formaldehit emisyonu belirleme için kullanılan deney odası	49
Şekil 6. Deneme levhalarının yoğunluğunu belirlemede kullanılan test örneği.....	60
Şekil 7. Eğilme direnci deney düzeneği	62
Şekil 8. a-Deneme kontrplaklarından çekme-makaslama deney örneklerinin hazırlanması, b-çekme-makaslama deney örneği.....	64
Şekil 9. Desikatör metodu deney düzeneği.....	66
Şekil 10. Yanma deney düzeneği.....	68
Şekil 11. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplak yoğunluğuna etkisi.....	106
Şekil 12. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların yoğunluğuna etkisi.....	107
Şekil 13. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplakların rutubetine etkisi	108
Şekil 14. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların rutubetine etkisi	109
Şekil 15. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplakların eğilme direncine etkisi	110
Şekil 16. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların eğilme direncine etkisi.....	112
Şekil 17. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplakların elastikiyet modülüne etkisi.....	113
Şekil 18. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların elastikiyet modülüne etkisi	114
Şekil 19. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplakların çekme-makaslama direncine etkisi ..	115
Şekil 20. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların çekme- makaslama direncine etkisi.....	116
Şekil 21. Emprenye maddelerinin kaplamaların pH'ına etkisi	118
Şekil 22. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların pH ortalama değerleri	120

Şekil 23. Mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların pH ortalama değerleri	120
Şekil 24. Mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların pH ortalama değerleri	121
Şekil 25. Emprenye maddelerinin kaplamaların tampon kapasitelerine etkileri.....	122
Şekil 26. Amonyum asetat ile üretilen kontrplakların tampon kapasitesi ortalama değerleri	122
Şekil 27. Borik asit ile üretilen kontrplakların tampon kapasitesi ortalama değerleri.....	123
Şekil 28. Odun kökenli levhalarda formaldehit çıkış yolları (1-Yonga levha, 2-Yüzeyi kaplanmış yonga levha, Kontrplak).....	124
Şekil 29. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların formaldehit emisyonu ortalama değerleri	125
Şekil 30. Mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların formaldehit emisyonu	125
Şekil 31. Mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların formaldehit emisyonu	126
Şekil 32. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların asit emisyonu ortalama değerleri	129
Şekil 33. Mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların asit emisyonu	130
Şekil 34. Mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların asit emisyonu	130
Şekil 35. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplakların yanmada oluşan ağırlık kaybına etkisi.....	132
Şekil 36. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların yanmada oluşan ağırlık kaybına etkisi.....	133
Şekil 37. Kayın kontrplaklarda alev kaynaklı yanma sıcaklığı değerlerine emprenye maddesi tür ve uygulanma şekilleri ile tutkal türünün etkisi.....	135
Şekil 38. Kızılağaç kontrplaklarda alev kaynaklı yanma sıcaklığı değerlerine emprenye maddesi tür ve uygulanma şekilleri ile tutkal türünün etkisi.....	135
Şekil 39. Kayın kontrplaklarda alev kaynaksız, kendi kendine yanma sıcaklığı değerlerine emprenye maddesi tür ve uygulanma şekli ile tutkal türünün etkisi.....	136
Şekil 40. Kızılağaç kontrplaklarda alev kaynaksız, kendi kendine yanma sıcaklığı değerlerine emprenye maddesi tür ve uygulanma şekli ile tutkal türünün etkisi...	137

- Şekil 41. Kayın kontrplaklarda alev kaynaklı ve kendi kendine yanma ışık yoğunluklarına empenye maddesi tür ve uygulanma şekli ile tutkal türünün etkisi.....138
- Şekil 42. Kızılağaç kontrplaklarda alev kaynaklı ve kendi kendine yanma ışık yoğunluklarına empenye maddesi tür ve uygulanma şekli ile tutkal türünün etkisi.....138



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Yaygın kullanılan reçine türleri, karakteristikleri ve kullanım alanları	9
Tablo 2. Odun ve odun kökenli levhalardan ayrışabilen bazı uçucu organik bileşikler	34
Tablo 3. Üre-formaldehit tutkalının teknik özellikleri	53
Tablo 4. Fenol formaldehit tutkalının teknik özellikleri	53
Tablo 5. Boraks Dekahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)'ın teknik özellikleri	53
Tablo 6. Borik Asit (H_3BO_3)'in teknik özellikleri	54
Tablo 7. Amonyum Asetat'ın teknik özellikleri	54
Tablo 8. Kaplamalara ait retensiyon miktarları	56
Tablo 9. Kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal reçeteleri	58
Tablo 10. Levha tipleri için kullanılan semboller ve temsil ettikleri test grupları	59
Tablo 11. Kontrplaklara ait ortalama yoğunluk değerleri (g/cm^3)	69
Tablo 12. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların yoğunlukları üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I. Grup)	70
Tablo 13. Ağaç türü, Ü/F mol oranı emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların yoğunluğu üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II. Grup)	71
Tablo 14. Kontrplak yoğunluğu üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları	72
Tablo 15. Kontrplaklara ait ortalama denge rutubet miktarları (%)	73
Tablo 16. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların denge rutubet miktarları üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I. Grup)	73
Tablo 17. Ağaç türü, Ü/F mol oranı emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların denge rutubet miktarları üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II. Grup)	74
Tablo 18. Kontrplakların denge rutubet miktarları üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları	75
Tablo 19. Kontrplaklara ait eğilme direnci ortalama değerleri (N/mm^2)	76

Tablo 20. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençleri üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup).....	77
Tablo 21. Ağaç türü, Ü/F mol oranı emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların eğilme dirençleri üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup) ...	78
Tablo 22. Kontrplakların eğilme dirençleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları.....	79
Tablo 23. Kontrplaklara ait elastikiyet modülü ortalama değerleri (N/mm ²).....	80
Tablo 24. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülleri üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup).....	80
Tablo 25. Ağaç türü, Ü/F mol oranı emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların elastikiyet modülleri üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup)	81
Tablo 26. Kontrplakların elastikiyet modülleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları	82
Tablo 27. Kontrplaklara ait çekme-makaslama direnci ortalama değerleri (N/mm ²).....	83
Tablo 28. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama dirençleri üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup)	84
Tablo 29. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların çekme-makaslama dirençleri üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup)	85
Tablo 30. Kontrplakların çekme-makaslama dirençleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları	86
Tablo 31. Farklı kimyasal maddelerle emprenye edilmiş kaplamaların pH değerleri	87
Tablo 32. Soyma kaplamaların pH değerleri üzerine ağaç türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi	87
Tablo 33. Deneme kontrplaklarına ait ortalama pH değerleri.....	88
Tablo 34. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların pH'ları üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup).....	88

Tablo 35. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların pH'ı üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	89
Tablo 36. Kontrplakların pH'ı üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları	90
Tablo 37. Farklı kimyasal maddelerle emprenye edilmiş kaplamaların ortalama tampon kapasitesi değerleri	91
Tablo 38. Deneme kontrplaklarına ait ortalama tampon kapasitesi değerleri	91
Tablo 39. Deneme kontrplaklarına ait formaldehit emisyonu ortalama değerleri.....	92
Tablo 40. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların formaldehit emisyonu üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup)	93
Tablo 41. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların formaldehit emisyonu üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup)	94
Tablo 42. Kontrplakların formaldehit emisyonu üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları	95
Tablo 43. Kontrplaklara ait asetik asit emisyonu ortalama değerleri.....	96
Tablo 44. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların asetik asit emisyonu üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup)	96
Tablo 45. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların asetik asit emisyonu üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup).....	97
Tablo 46. Kontrplakların asetik asit emisyonu üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları	98
Tablo 47. Kontrplakların yanma sonucu oluşan ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	99
Tablo 48. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların yanmadaki ağırlık kayıpları üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup)	100
Tablo 49. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların asetik asit emisyonu üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup).....	101

Tablo 50. Kontrplakların yanmadaki ağırlık kayıpları üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları	102
Tablo 51. Kontrplakların alev kaynaklı yanma, kendi kendine yanma ve kor halinde yanma sırasında ölçülen ortalama sıcaklık değerleri	103
Tablo 52. Kontrplakların kendi kendine yanma, kor halinde yanma ve yıkılma başlangıcı süreleri	104
Tablo 53. Kontrplakların yanmaları esnasında ölçülen ortalama ışık yoğunlukları (Lüx) ...	105



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Odon; çoğunluğu selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşan üç boyutlu, polimerik bir kompozittir. Özgül ağırlığının düşük olmasına karşın direncinin yüksek olması, kolay işlenebilirliği, üstün fiziksel ve mekanik özelliklere sahip oluşu ve yenilenebilir bir kaynak olması nedeniyle geniş kullanım alanlarına sahip bir yapı ve mühendislik malzemesidir. Bununla birlikte; higroskopik olması dolayısıyla su alıp vererek boyutlarını değiştirmesi, çeşitli biyolojik faktörlerce tahrip edilebilmesi ve kolay tutuşabilmesi odunun olumsuz yönlerinden bazılarıdır [1].

Yoğun kullanımı nedeniyle, endüstriyel gelişim süreci içerisinde odunun bu olumsuz yönlerini ortadan kaldırmaya yönelik çabalar büyük bir ivme kazanmış ve pek çok araştırmaya konu olmuştur. Bu çabaların neticesinde ana hammaddesi odun olan bir kısım yeni ürünler geliştirilmiş veya mevcut ürünler modifiye edilmiştir. Bu maddelerin geliştirilmesi veya modifiyesi sırasında pek çok yardımcı hammaddenin (tutkal, vernik, boya, koruyucu v.b.) ve yeni yöntemlerin kullanımına gidilmiştir.

Teknolojik gelişim, insanlığa yeni ve fonksiyonel ürünler sunarken çeşitli sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda özellikle son yıllarda çevre ve insan sağlığına verilen önemin artmasıyla birlikte odun ve odun kökenli levha ürünlerinden kaynaklanan çeşitli emisyonlar büyük bir ilgiye konu olmuştur. Sentetik reçineler ile üretilen odun kökenli levhaların üretim ve kullanımları sırasında ayrışan formaldehit, zımparalama esnasında ortaya çıkan odun tozları ve özellikle fenol formaldehit tutkalının kullanılması halinde ortaya çıkan formik ve asetik asitin yarattığı problemler bunlardan bazılarıdır [2].

Odon kökenli levhalardan kaynaklanan uçucu asit emisyonu; metallerde korozyona neden olması, demir-tanen renklenmesi, sentetik vernik ve tutkalların sertleşmesi üzerine etkisi, odun koruyucuların fikse olmaları, kağıtlarda sararma gibi çeşitli etkilerinden dolayı endüstriyel açıdan oldukça önemlidir [3,4]. Ayrıca yumuşak odunların esas emisyon

bileşeni olan terpenler, bu ağaç türleri ile çalışan kişilerde alerjik reaksiyonlara yol açabilmekte, mukoza ve deri tahrişlerine neden olabilmektedir [5].

Bütün bunlara ilave olarak düşük miktarlarda ayrışmalarına rağmen metanol, formaldehit ve asetaldehit gibi odunun işlenmesi esnasında ortaya çıkan çeşitli uçucu organik bileşenlerin EPA (Environmental Protection Agency) 'nın "Hava Kirliliğine Sebep Olan 189 Madde" listesinde yer alması, bu emisyonlarla ilgili problemlere farklı bir boyut getirmiştir. Hava kirliliği, havanın bölgeler üzerinde serbestçe yer değiştirebilmesi açısından diğer çevre kirliliklerinden ayrılmakta ve global çözümler gerektirmektedir [6]. 1990 yılında imzalanan "Clean Air Act" (CAA), böyle global bir yaklaşımın sonucu olup, kapsamındaki 11 bölümden I, III ve IV. bölümler doğrudan odunun işlenmesinden kaynaklanan emisyonların ölçülmesi, kontrolü ve sınırlandırılması ile ilgilidir [6,7].

Bu gelişmelerin ışığında, bir hammaddenin ya da ürünün kabulüne ilişkin kriterler son yıllarda çok değişmiştir. Örneğin geçmişte belli bir kullanım yeri için bir tutkalın uygunluğu denetlendiğinde; teknik özellikleri, tutkallama karakteristikleri ve elbette ki fiyatı göz önüne tutulurken, günümüzde kullanım yeri ve uygulamasında çevre ve insan sağlığı açısından risk taşıyıp taşıyamaması gibi çok daha farklı kriterler büyük önem kazanmıştır [8].

Üstün özellikleri dolayısıyla oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olduğu ve üretiminde kullanılan kimyasal madde (tutkal, sertleştirici ve yangın geciktiriciler gibi) çeşitliliği dikkate alındığında, odun kökenli levha üretiminde; bahsi geçen problemlerin ve bunların çözülmesinde etkili olan faktörlerin, ortaya konulmasının gerekliliği açıktır. Bu çalışmada; kontrplaklarda emprenye işlemlerinin formaldehit ve asit emisyonu ile teknolojik özelliklere etkileri araştırılmıştır.

1.2. Tanımlar

Kontrplak; tabakalarının lif doğrultuları dik ve en az üç tabakadan oluşacak şekilde üst üste yapıştırılmış, orta tabaka veya öz'ün her iki tarafında yer alan iç ve dış tabakalar genellikle birbirine simetrik olan bir levha olarak tanımlanır [9].

Avrupa Standartlarına (EN-313-2) [10] göre kontrplak; birbiri üzerine genellikle lif yönü dik olacak şekilde yapıştırılmış tabakalardan oluşan odun esaslı panel olarak tanımlanmaktadır.

ASTM-D-907 [11] de ise ince levhaların üst üste ve lif yönleri birbiri ile 90° açı oluşturacak şekilde yapıştırılmış odun levhaları olarak belirtilmektedir. Genel olarak kontrplak katları 3,5,7... gibi tek sayıdadır. Orta tabakası birbirine paralel yapıştırılmış iki kaplama levhasından oluşan kontrplak üretimine başlanılmasından sonra literatürde; kontrplağın her bir tabakası tek bir tabakadan oluşabileceği gibi, iki veya daha çok kaplama levhasının birbirine paralel yapıştırılmasıyla teşkil edilebileceği bildirilmektedir [12].

Kontrplaklar EN 313-1'e göre aşağıda belirtildiği şekilde sınıflandırılmaktadır [13]:

1. Genel görünüşlerine göre;

1.1. Yapılarına göre;

- a) Kaplamadan yapılmış kontrplak (Bütün katları kaplama olan kontrplak)
- b) Odun özlü kontrplak (Kontrtabla)
 - b1) Orta tabakası geniş çatalı kontrplak (Orta tabakası 7-30 mm genişliğinde masif odun çıtaların yan yana yapıştırılmasıyla yada yapıştırılmadan oluşturulan kontrplak – geniş çatalı kontrtabla)
 - b2) Orta tabakası dar çatalı kontrplak (orta tabakası maksimum 7 mm kalınlığındaki, dikey yerleştirilmiş soyma kaplama şeritlerinden oluşturulan kontrplaktır).
- c) Karma (kompozit) kontrplak (Orta tabakası veya belirli tabakaları masif odun ve odun kaplamalardan başka malzemedan yapılmış kontrplak).

1.2. Şekil ve formuna göre;

- a) Düz
- b) Şekillendirilmiş

2. Başlıca özelliklerine göre;

2.1. Dayanıklılıklarına göre;

- a) Kuru ortamlarda kullanım için
- b) Rutubetli ortamlarda kullanım için
- c) Dış ortamlarda kullanım için

2.2. Mekanik özelliklerine göre

2.3. Yüzey görünüşüne göre

2.4. Yüzey durumlarına göre;

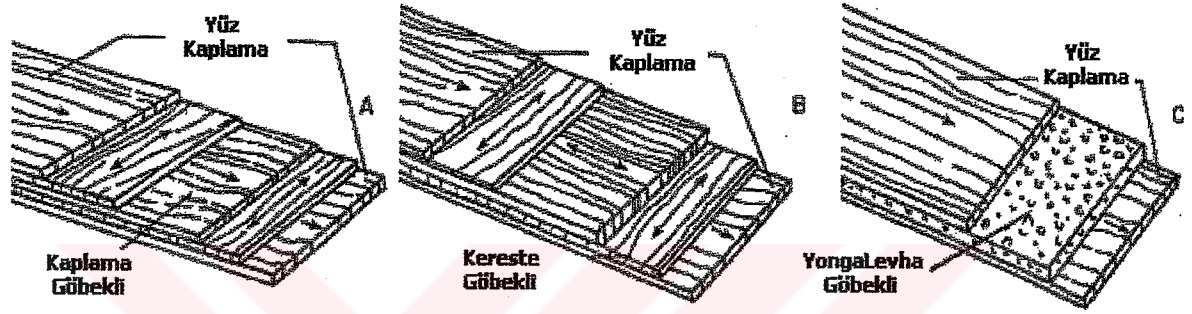
a) Zımparalanmamış

b) Zımparalanmış

c) Boyanmış

d) Yüzeyi kaplanmış (dekoratif kaplama, film, emprenye edilmiş kağıt...)

3. Kullanıcının ihtiyaçlarına göre



Şekil 1. Kontrplak tipleri (A-Kaplamalı Kontrplak, B,C-Göbekli Kontrplak)

Kontrplak; kaplamanın bir değerlendirme ürünü olup elde edildiği orijinal odun kadar dirence sahip bir üründür [14]. Birbirini takip eden tabakaların lif doğrultularının dik oluşu, kontrplak levhalarına boyutsal stabilite sağlar ve çalışma özelliklerini azaltır. Masif odun ile mukayese edildiğinde levhanın boyuna ve enine yöndeki özelliklerinin birbirine çok yakın olması, kontrplağın önemli avantajlarındanır. Kontrplak üretimi, odunun ekonomik ve etkin kullanımını sağlar [15, 16].

1.3. Kontrplak Üretim Teknolojisi

Kontrplağın özellikleri; farklı kaplama tabakalarının kalitesi, tabakaların yerleştirilme düzeni ile kullanılan tutkal ve tutkallama koşullarının kontrolüne bağlıdır [15]. Kaplama kalitesi ise; her şeyden önce elde edildiği tomruğun ağaç türü, özgül ağırlık ve yıllık halka yapısı, ilkbahar ve yaz odunu özgül ağırlıklarının farklılık derecesi ve her ikisi arasındaki geçişin yavaş veya ani oluşu ile genel hacme iştirak oranlarına bağlıdır. Yapraklı ağaçlarda trahelerin halkalı veya dağınık oluşu, çeşitli

makroskopik kusurlar ve özellikle reaksiyon odununun varlığı gibi çeşitli özellikler de yine kaplama kalitesini etkileyen faktörlerdendir [17].

Belli bir türün kaplama veya kontrplak üretimi için teknik olarak uygunluğunu belirleyen odunun fiziksel karakteristiklerini dört başlık altında toplamak mümkündür [14].

Bunlar :

- Soyma veya kesme karakteristikleri (yoğunluk, reaksiyon odunu, budaklar, mineral maddeler)
- Görünüş veya kullanım karakteristikleri (renk, şekil, tekstür, parlaklık, koku)
- Tutkallanma veya yüzey işlemleri karakteristikleri (yoğunluk, tutkallanabilirlik, boyanabilirlik)
- Strüktürel karakteristikler (direnç, çürüklük, sertlik) tir.

İdeal kaplamalık tomruğun; silindirik formda olması, özün her iki ucun geometrik merkezinde bulunması, kabuğun kapladığı yüzey ve tomruk uçlarının kusursuz olması, odunun yapısında ve özgül ağırlığında az bir değişmeyi gösteren yıllık halkaların yavaş ve homojen büyümesi, liflerin düzgün ve öze paralel olması, budak, çürük, renk bozukluğu içermemesi, reaksiyon odunu ve verimi düşürecek çatlakların bulunmaması ve çapının soyma kaplama üretimi için en az 35 cm olması istenmektedir [17].

1.3.1. Tomrukların Depolanması

Genel olarak kaplamalık tomruklar kısa süreler için depolanmalıdırlar. Depoda uzun süre beklemeleri gerekiyorsa; tomruklarda oluşabilecek böcek saldırısı, porozite artışı, oksidasyon ve mavi renk oluşumu, çürüme ve çatlamlar gibi kusurları önlemek için; öncelikle su içersinde depolama veya uygun bir yağmurlama sisteminin uygulanması yollarına gidilebilir. Daha kısa süreli bekletmeler için tomruklar kabuklu şekilde bekletilmeli ve tomruk enine kesitlerine çeşitli koruyucu maddelerin sürülmelidir.

1.3.2. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması

Kaplama üretimine başlanılmadan önce tomrukların kusurlu kısımlarının uzaklaştırılması, yabancı maddelerden temizlenmesi, soyma makinelerine uygun uzunlukta

kesilmesi, buharlanma veya sıcak suda ısıtılması gibi çeşitli ön işlemlerden geçirilmeleri gerekir.

Genelde kabukları soyulmuş tomrukların ısıtılmasında süre daha azdır. Çünkü kabuk iyi bir izolatördür. Diğer taraftan kabuk, yükleme-boşaltma ve taşıma işlemleri sırasında tomruğu mekanik zararlardan koruyucu bir etki de gösterir.

Uzun tomrukların ısıtılmasında tomruk uçlarındaki çatlamalardan dolayı meydana gelecek kayıplar azdır. Uç kısımlardan çatlama meyilli sert ağaç odunları için nadir uygulanan bir yöntemde uzun tomrukların önce kabukları soyulmakta, sonra ısıtma işlemi uygulanmakta ve ardından tomruklama işlemi yapılmaktadır.

Yumuşak ağaç tomrukları için kullanılan başka bir sistemde; ormanda tomruklama yapılmadan getirilen uzun tomrukların önce kabukları soyulmakta, sonra boyuna bölme ve ısıtma işlemleri yapılmaktadır.

Bazı ağaç cinsleri (huş, kızılbaş, ıhlamur vb.) taze halde iken ısıtmadan soyulabilir. Çünkü bunlar yeteri kadar elastiktir ve kaplama üretimi sırasında ortaya çıkacak deformasyondan zarar görmezler. Ancak ağaç cinslerinin büyük bir kısmı kaplama üretiminden önce ya sıcak su ile yada su buharı ile ısıtılırlar. Bunun amacı odunu plastikleştirmektir. Isıtma sırasında pektinin tümü ve ligninin bir kısmı çözünür. Orta lameldeki bağlayıcı dokular gevşer [18]. Böylece odun soyma ve kesme için daha uygun duruma gelir ve daha düzgün yüzeyli kaplamalar üretildiğinden yapıştırma esnasında tutkal tüketimi azalır. Isıtılan tomruklardan elde edilen kaplamalar miktar olarak daha fazla ve kalite bakımından daha iyidir. Soyma sırasında bıçak daha az yıpranır ve güç ihtiyacı daha azdır, kaplamadaki bıçak çatlaklarının derinliği de daha azdır [19].

1.3.3. Tomruk Kabuklarının Soyulması

Soyma esnasında; bıçağın zarar görmemesi ve bıçak ile basınç latası arasına sıkışarak iş kesintisine neden olmaması için tomrukların kabukları soyulmalıdır. Kabuk soyma işlemi küçük işletmelerde basit el aletleri (soyma demiri, balta vb.) ile, büyük fabrikalarda ise bu amaç için geliştirilmiş makinelerde gerçekleştirilmektedir.

1.3.4. Kaplama Üretimi

Kaplama; kesme, biçme ve soyma yöntemi ile üretilmektedir. Günümüzde üretilen kaplamaların % 85-95'i soyma suretiyle elde edilmekte olup, çoğunlukla kontrplak yapımında kullanılmaktadırlar. Kaplama levhalarını soyarak elde etmenin amacı, sonsuz bir bant halinde her iki yüzü düzgün, büyük boyutlu kaplama levhası elde etmektir.

Soyma makineleri; temel levhası, ayak, kızak, kavrama kolları ve başlığı ile tahrik mekanizmasından oluşur. Kavrama kolları kavrama başlıkları ile birlikte tomruğu her iki ucundaki merkezinden kavrar ve onu eksenine etrafında döndürür. Bıçak ve basınç levhası veya basınç silindirlerinden oluşan makine kazağı sürekli olarak tomruğa doğru ilerler [2].

Kontrplağın özelliklerini, büyük ölçüde üretildiği kaplamanın kalitesi belirler. Kaplama kalitesi ise; ağaç türü, tomruğun soymaya hazırlanışı, soyma makinesi ve ayarlarına bağlıdır [20].

1.3.5. Kaplama Levhalarının Taşınması, Kusurlarının Temizlenmesi ve Kurutulması

Sonsuz bant halindeki kaplamaların taşınmasında sargı-bobin veya tablalı masa (Tray Deck) sistemleri kullanılmaktadır. Yaş yöntemle kaplama üretiminde sonsuz bant halindeki kaplamalar öncelikle boyutlandırma ve kusurlu kısımlarının uzaklaştırılması için giyotinlere gönderilirler. Kuru yöntemde ise; soyma makinesinden çıkan levha doğrudan kurutuculara taşınmakta ve kurutma işleminden sonra boyutlandırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Kontrplak üretimi için soyma kaplama levhalarının (Üre-formaldehit reçinesi için) % 6-8 rutubete kadar kurutulmaları gerekmektedir. Bu amaç için geliştirilmiş farklı tipte makineler mevcuttur. Kurutma makinelerinde, kaplama; makinenin bir ucundan verilirken makinenin yanlarından, alt ve üstten veya çıkış ucundan sıcak hava püskürtülmektedir. Kaplamaların makine içerisinde taşınması silindirler veya tel örgü bantlarla sağlanmaktadır.

1.3.6. Kaplama Kenarlarının Kesilmesi, Düzeltilmesi ve Eklenmesi

Soyma makinesinden gelen ıslak veya kurutma makinesinden çıkan kuru kaplama bantlarının hatalı yerleri kesilip uzaklaştırıldığından değişik genişlikte levhalar ortaya çıkar. Bunların kenarlarının düzgün bir şekilde kesilerek eklenmesi hem randımanı artırır, hem de standart levhalar üretilmiş olur. Ayrıca kurutma sonrasında kaplama kenarlarında çeşitli nedenlerle oluşan ondüleli kısımların da kesilerek uzaklaştırılması gerekir. Kenarların kesilmesinde veya düzeltilmesinde kenar makasları veya kenar kesme makineleri kullanılır. Kenarları kesilip düzeltilen kaplamaların yan yana eklenmesi işleminde polivinil asetat (PVAc) ve üre-formaldehit (ÜF) tutkalları kullanılmaktadır.

1.3.7. Kaplama Levhalarının Tutkallanması

Üretilen kontrplağın boyutlarına uygun olarak kesilen kaplama levhaları; dökme (akma-perdeleme), püskürtme veya sürme esasına göre çalışan makinelerle tutkallanmaktadır. Tutkallama işleminden sonra istenilen kat sayısında, lif yönü birbirine dik olacak şekilde üst üste yerleştirilmek suretiyle hazırlanan kontrplak taslağı presleme işlemine alınmaktadır [2].

1.3.7.1. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar

Önceleri kontrplak üretiminde kullanılan; hayvansal, kazein, kan albümini ve nişasta gibi doğal kökenli tutkallar 1930'lu yılların ortalarına doğru yerini petrol veya kömür katranı esaslı sentetik tutkallara bırakmıştır [19, 21]. Duroplastik reçinelerle (Aminoplastlar; üre ve melamin formaldehit ve fenoplastlar; fenol ve resorsin formaldehit) levha üretimi bu yıllardan itibaren hızlı bir şekilde artmıştır. Herbiri odun yüzeyini ıslatabilmekte, ve sertleştiklerinde çoğunlukla odunun kendisinden daha rijit bir katıya dönüşmektedirler [19].

Reçine türü, karakteristikleri ve çeşitli kullanım alanları Tablo 1'de özetlenmiştir [19,21].

Tablo 1. Yaygın kullanılan reçine türleri, karakteristikleri ve kullanım alanları

Reçine Türü	Karakteristikleri	Kullanım Alanları
Üre-Formaldehit (UF)	Sıcak ve soğuk sertleşebilir, asidik koşullarda ısı ve/veya katalizör ilavesi sertleşmeyi hızlandırır, soğuk suya dirençli. Formaldehit emisyon problemi vardır.	Dekoratif kontrplak, yongalevha ve liflevha. İç ortamlar için uygundur.
Fenol-Formaldehit (FF)	Normal olarak 105 °C nin üzerinde sertleşir. Genellikle yüksek alkali koşullar sertleşmeyi hızlandırır. Suya dayanıklı, koyu renklidir.	Yapı kontrplağı, OSB ve etiket yongalevha. Dış ortamlar için uygundur.
Melamin-Üre (MUF)	Sıcakta sertleşir, ısı ve katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Suya karşı orta bir direnç gösterir. Renksiz.	Dekoratif kontrplak. İç maksatlar ve sınırlı olarak dış ortamlar için uygundur.
Emülsiyon Polimer / İzosiyanat (EPI)	Soğuk ve sıcak sertleşme. İki komponentli (bileşen) sistem, oda sıcaklığında sertleşebilir. Su ve sıcaklığa dirençli. Formaldehit ayrışması yok.	Odunun oduna veya odunsu olmayan malzemelere laminasyonunda. İç ve dış ortamlar için uygundur.
İzosiyanatlar (MDI)	Sıcakta sertleşir, su ve ısı sertleşmeyi hızlandırır. Şiddetli koşullarda suya dayanıklıdır. Renksizdir.	Etiket yongalevha, OSB ve yongalevha; iç ve dış ortamlar için uygundur.
Melamin Formaldehit (MF)	Sıcakta sertleşir, ısı ve katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Suya dirençli, renksiz, püskürtülerek kurutulmuş şekilde nakledilir.	Lamine levha, dekoratif kontrplak; sınırlı olarak dış ortamlar için uygundur.
Fenol-Resorsinol Formaldehit (FRF)	Oda sıcaklığında ve ılık sertleşir, ısı ve katalizör sertleşmeyi hızlandırır, şiddetli koşullarda suya dayanıklı, koyu renkli, özellikle zor yapışma koşulları için uygundur.	Köprü ve iskele kısımları, lamine levha ve kamyon kasası; iç ve dış koşullar için uygundur.

Tablo 1'in devamı. Yaygın kullanılan reçine türleri, karakteristikleri ve kullanım alanları

Resorsinol Formaldehit (RF)	Soğuk veya sıcak sertleşebilir, sıcak veya katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Şiddeti koşullarda suya dirençli, koyu renkli, özellikle zor yapışma koşulları için uygundur	Laminatlar, gemi aksamaları, dış ortamlar için mobilya; ekstrem koşullar için.
-----------------------------	--	--

1.3.7.1.1. Üre Formaldehit Tutkalı

Üre-formadehit; amino reçinesi tutkalları sınıfının en önemli ve en çok kullanılan türüdür [22]. ÜF iki monomerin (üre ve formaldehit) farklı şekillerdeki reaksiyonuna dayalı bir tutkal çeşididir. Farklı reaksiyon ve hazırlama koşulları uygulanarak, kondense olmuş sayısız yapı üretimi mümkündür [23]. Bunlar termosetting reçineler olup [22, 23] doğrusal veya dallanmış oligomerik ve polimerik moleküller ile bir miktar monomer içerirler [23]. Reaksiyona girmemiş üre, depolama esnasında iyi bir stabilite sağlamak açısından faydalıdır. Bununla birlikte serbest formaldehitin bulunması; bir taraftan sertleşme reaksiyonunu gerçekleştirmek açısından gerekli, diğer taraftan presleme esnasında meydana gelen formaldehit emisyonunun son 20 yıldır üre formaldehit formülasyonlarında toptan bir değişikliğe yol açtığı da bir gerçektir [23].

Üre ile formaldehitin reaksiyonu temel olarak iki aşamada gerçekleşir. I. Aşama, mono-, di- ve tri-metilol ürelerin oluşmasını sağlayan alkali metilolasyondur [22]. Bu reaksiyonun geri dönüşlü bir reaksiyon olması üre formaldehit tutkallarının en önemli özelliklerinden biridir ve aynı zamanda rutubet ve suyun sebep olduğu hidrolize karşı düşük direnç ve formaldehit emisyonunun da sebebidir [23]. Metilol gruplarının oluşumu çoğunlukla F/Ü mol oranına bağlıdır. Yüksek mol oranı, -metilol gruplarının oluşma eğilimini artırır. Yan reaksiyon ürünleri asetatlar, yarı asetatlar ve eterleşmiş ürünlerdir.

ÜF polimeri, asidik kondenzasyon adımlarıyla oluşur. Sistem içinde mevcut olan metilol, üre ve serbest formaldehit, orta ve hatta yüksek molekül ağırlığına sahip doğrusal ve kısmen dallanmış moleküller oluşturacak şekilde reaksiyona girer. Üre molekülleri arasındaki bağın tipi, uygulanan koşullara bağlıdır. Düşük sıcaklık ve zayıf alkali pH

metilen eter köprülerinin (-CH₂-O-CH₂-) oluşumunu sağlarken, yüksek sıcaklık ve düşük pH daha kararlı metilen köprülerini (-CH₂-) oluşturur. Eter köprüleri formaldehit'in kopmasıyla metilen köprülerine dönüşebilir. Bir eter köprüsü, iki formaldehit molkülü gerektirir ve bu, metilen köprüleri kadar kararlı değildir. Bu nedenle düşük formaldehit emisyonu için reçine içindeki bu tip bağlardan kaçınmak gerekir [23].

Asidik kondenzasyon aşaması, I. aşamada uygulanan kadar yüksek mol oranında (F/Ü = 1.8-2.5) gerçekleşmektedir. Sonuçta ÜF reçinesinin mol oranı farklı adımlarda eklenen üre ile sağlanır [23]. Arzu edilen kondenzasyon aşamasına ulaşıldığında reaksiyon hafif asidik olan çözeltinin soğutulma ve nötralleşmesi ile kesilir.

Üre ve formaldehit arasındaki reaksiyon hızı ve seyri, çeşitli kondenzasyon kademelerindeki pH değeri, üre ve formaldehit mol oranı, kondenzasyon arasında çeşitli bileşenlerin konsantrasyonu, kondenzasyon süresi ve sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenir. Bu faktörler tutkalın molekül ağırlığının artış oranını etkilemektedir. Böylelikle reaksiyon ürünlerinin karakteristikleri ile düşük ve yüksek kondenzasyon aşamaları mukayese edildiğinde özellikle çözünürlük, viskozite, su retensiyonu ve tutkalın sertleşme oranı önemli ölçüde farklılık göstermektedir.

Üre-formaldehit reçinelerinin temel karakteristikleri moleküler düzeyde şu şekilde açıklanabilir :

1. Yüksek reaktivite
2. Suda çözünebilirlik (Bu durum odun işleyen endüstrilerde kullanım için ideal olmalarını sağlar)
3. Sertlik
4. Tutuşmazlık
5. Sertleşmiş polimerlerin renksiz oluşu
6. Farklı sertleşme koşullarına kolay adapte olabilirlik

Bütün bu iyi özellikleri yanında hava koşulları ve suya karşı direncinin düşük olması ve formaldehit emisyonu, ÜF reçinelerinin dezavantajlarıdır. Her iki dezavantajı da reçinenin yapısal karakteristiklerinden ve kimyasal bağ tipinden kaynaklanmaktadır [22]. Amino-metilen bağları hidrolize hassastır ve yüksek bağıl nem ve özellikle yüksek sıcaklık

koşullarında kararlı değildir [23]. Bu nedenle büyük oranda iç ortamlar için uygun odun ürünlerinde değerlendirilen ÜF reçinelerinin [19, 21, 22, 23] su ve hava koşullarına karşı direncini artırmak için melamin (MÜF, MF+ÜF) ve bazen fenol ile (MUPF, PMUF) birlikte kullanımı yoluna gidilmektedir.

1.3.7.1.2. Fenol Formaldehit Tutkalı (FF)

Fenol-formaldehit reçinesi, fenol ile formaldehitin reaksiyonuyla oluşan bir polikondenzasyon ürünüdür. Düşük maliyetli ÜF reçineleri iç ortamlar için iyi bir performansa sahipken, fenol-formaldehit reçineleri dış mekanlar ve açık hava koşullarında kullanılacak kompozitler için geliştirilmiştir [24]. FF reçineleri doğru bir şekilde kullanıldıklarında suya dayanıklı ve çoğunlukla odunun kendisinden daha dirençli bağlar oluştururlar. Pahalı, koyu renkli oluşu ve tutkallama esnasında daha düşük kaplama rutubeti gerektirmesi olumsuz yanlarıdır. Bununla birlikte; FF reçinesinin üstün dayanımı pek çok uygulama yerinde bu dezavantajlarından daha ağır basmaktadır [19].

Fenol ve formaldehit ya asidik ya da alkali koşullar altında reaksiyona girer ve metilol fenol veya fenolik alkol'e, ve daha sonra dimetil fenol'e dönüşürler. Reaksiyon koşullarının asidik veya alkali olmasına göre sonuçta "resol" ve "novalak" olarak adlandırılan iki tip reçine elde edilir [22].

Novalak, asidik ortamda üretilen termoplastik fenolik bir reçinedir. Bunlar ısı etkisinde eriyerek akışkan hale geçerler. Bu tür reçinelerde fenol mol oranı formaldehite göre daha fazladır (formaldehit/fenol = 0.8/1.0). Bu tür reçineler; yapılarında reaktif metilol grubu içermediklerinden, sertleştirici kullanmaksızın sertleşmezler. Reaksiyonu tamamlamak için, çapraz bağlı novalak reçinesine formaldehit ilave edilir [21, 22]. Asidik sertleşmeleri, yüksek maliyetleri ve ilave sertleştirici gereksinimleri nedeniyle novalak tipi reçineler odun işleyen endüstrilerde yoğun olarak kullanılmazlar [21].

Resol ise, alkali şartlar altında üretilen fenolik bir reçinedir. Formaldehitin mol oranı fenole göre daha yüksektir. Odun yapıştırıcıda kullanılan Resol reçinesi için formaldehit/fenol mol oranı 1.6/1.0 ile 2.5/1.0 arasındadır [19]. Bu oran kontrplak üretim için kullanılacak olan FF reçinesinde 2/1 kadar olabilir. Formaldehitin fazla

sertleşmiş durumda mükemmel bir rutubet direnci, düşük tutuşma kabiliyeti, yüksek çekme direnci ve iyi bir boyutsal stabilite ile sonuçlanan bir çapraz bağlanma yoğunluğu sağlar [19]. Buna göre; formaldehit/fenol mol oranının artmasıyla reçinenin direnç özellikleri artma gösterirken sertleşme süresi kısalmaktadır.

Termosetting reçinelerin tüm resol çözeltilerinde polimerizasyon düşük sıcaklıklarda (5-15 °C) dahi devam ettiğinden depolama süresi sınırlıdır. Odun yapıştırma işlemlerinde reçine formülasyonlarındaki alkali miktarı, polimerleşme derecesi veya son kullanım yeri isteklerine göre değişir. Alkali olarak kullanılan NaOH; katalizör etkisi dışında, reçinenin sulu solüsyon içerisinde çözünebilmesine de yardımcı olur. Böylece reçinenin viskozitesi de düşer. Bununla birlikte fazla miktarda NaOH kullanılırsa, FF'in jelleşme zamanı gecikir ve oduna penetrasyonu önemli oranda artar.

1.3.7.1.3. Melamin Formaldehit Tutkalı

Melamin-formaldehit (MF) reçineleri de aminoaldehit ürünüdür, ancak üretimleri ÜF reçinelerine nazaran çok daha masraflıdır [19, 21]. Suya karşı yüksek dirençli oluşu, MF reçinelerini ÜF reçinelerinden ayıran en önemli özelliktir [21, 22]. Melamin formaldehit reçineleri koyu rengin mahsurlu görüldüğü ve dayanıklılık bakımından fenol reçinelerinin özelliklerinin istendiği yerlerde ve az miktarda sert odun kontrplaklarının yapımında kullanılmaktadır. ÜF reçineleri ile birlikte kullanımı (MÜF), maliyet ve performans bakımından arayışların bir orta yoludur [19]. MF reçineleri ile novalak FF (asidik sertleşen) reçineleri ise Avrupa'da dış mekanlarda kullanılmaktadır [21].

Melamin-formaldehit reçine üretimi pH= 5-6 da yapılır. Burada da reaksiyon nötürleştirmek suretiyle, kondenzasyon ürünü yeterince çözülecek bir durumda durdurulur. Çözünebilir safhadaki reçine depolanmaya elverişlidir. Melamin reçine çözeltisinde aktiviteyi canlandıran grupların bulunması, bu reçinenin dayanıklılığını azaltır. Çünkü bekleme süresince reaksiyon ilerler ve çapraz bağlı reçineye dönüşür. Bu nedenle çözünebilir durumdaki reçine püskürtülerek suyu giderilip toz haline getirilir ve istenildiğinde sulandırılarak kullanılır [25].

1.3.7.1.4. Diğer Yapıştırıcılar

Yukarıda bahsi geçen sentetik reçinelerin pahalı olması ve özellikle 1970'li yılların başlarında yaşanan petrol krizi, zengin fenolik yapılara sahip tanen ve lignin gibi maddelerin yapıştırıcı olarak değerlendirilmesi çalışmalarına önem verilmesine neden olmuştur [26]. Tanen-formaldehit odun tutkalları, endüstriyel olarak kontrplak, yongalevha ve parmak birleştirmelerde uzun yıllardan beri çeşitli ülkelerde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [22]. Örneğin Avustralya ve Yeni Zelanda'da Monteri Çamı kabuk ekstraktının yongalevha üretiminde değerlendirilmesine yönelik bir dizi araştırma projesi yürütülmektedir. Quebracho kabuk ekstraktının uzun yıllardan beri Finlandiya'da kontrplak üretiminde kullanıldığı bilinmektedir [26, 27]. Kuzey Afrika'da akasya kabuk ekstraktı yongalevha ve kontrplak üretimlerinde fenol ve resorsinol tutkalları ile birlikte değerlendirilmektedir [26]. Mimoza kabuklarından elde edilen tanen de yapıştırıcı olarak Güney Afrika, Yeni Zelanda, Brezilya ve Avustralya'da kullanılmaktadır. Güney Afrika'da yine kontrplak üretiminin % 50'si tanen reçineleriyle gerçekleştirilmektedir [27, 28].

Tanen-formaldehit reçineleri, doğal orijinli polimerik flavanoid'ler veya kondense tanenlerin formaldehit ile polikondenzasyonu sonucunda elde edilirler [22]. Tek başına kullanıldığı gibi, diğer tutkallara ilave edilerek de kullanılabilirler [22, 26, 29].

Diğer yandan sülfite yöntemi ile kağıt hamuru üretimine başlanılmasından sonra bu yöntemle üretim yapan fabrikaların bir atık ürünü olan lignin, tutkal üretimi için çekici bir hammadde olarak görülmeye başlanmıştır. Bununla ilgili ilk patent 19. yüzyılın sonlarına dayanmaktadır [22]. Çeşitli ülkelerde yapılan çalışmalarda ligninin kullanımı ile yongalevha ve kontrplak üretimlerinde % 15-30 oranında fenolik reçinelerden tasarruf sağlanmıştır. Bu tip uygulamalarda sülfite atık suyu yerine, atık sudan izole edilerek saflaştırılan lignosülfonatların kullanılması daha iyi sonuçlar vermektedir. Lignosülfonatlar üç boyutlu fenolik polimer ağını meydana getirmekte ve bu yapısal özellikten dolayı fenol formaldehit reçineleriyle tutkal hazırlanmasında yararlanılmaktadır [30]. Yongalevha, kontrplak ve liflevha üretiminde lignin-FF tutkalı içerisindeki ligninin miktarı; lignosülfonat veya "black liquor" ün yüksek molekül ağırlığındaki fraksiyonların kullanılması durumunda % 70'e kadar çıkabilmektedir [22, 31,32].

1.3.7.2. Katkı ve Dolgu Maddeleri

Kontrplak endüstrisinde kullanılan tutkallara; odun türü, kullanım yeri ve tutkallama metodu ile pres şartlarına bağlı olarak çeşitli miktarlarda dolgu ve katkı maddeleri ilave edilmektedir.

ASTM-D-1907-77 [11]'de katkı maddeleri; nispeten az miktarda yapıştırma özelliğine sahip, birim alana sürülen esas yapıştırıcı miktarını azaltmak için tutkala ilave edilen maddeler, dolgu maddeleri ise; genellikle yapıştırma özelliği olmayan ve tutkala, onun çalışma özelliklerini, yeknesak dağılımını, direncini veya diğer özelliklerini iyileştirmek için ilave edilen maddeler olarak tanımlanmaktadır.

Birçok literatürde kontrplak üretimi için, dolgu ve katkı maddelerinin tutkala ilavesiyle sağlanabilecek avantajlar belirtilmiştir [12, 20, 33, 34]. Genel olarak proteinli ve nişastalı maddeler katkı, lignoselülozik maddeler ise dolgu maddeleri olarak tanımlanmaktadır [34, 35]. Katkı maddelerinin (buğday, çavdar, patates, mısır gibi proteinli ve nişastalı tahıl ve baklagil unları) tutkala ilavesiyle; tutkal karışımının viskozitesi ayarlanmakta, makine ile sürülmesi kolaylaşmakta, kaplama yüzeyinin ıslanabilme yeteneği artmakta, tutkalın kaplama içerisine penetrasyonunu engellenmekte, sertleşmiş üre reçinesinin gevrekliği ve tutkal hattında oluşabilecek gerilimler önemli oranda azaltmakta ve sıcak preste tutkalın viskozitesinin azalması engellemektedir [2].

1.3.8. Kontrplak Taslağının Preslenmesi

Kontrplak taslaklarının sıcak preste verilmeden önce, bir istif halinde soğuk preslenmesi tutkal-odun bağına kuvvetlendirir, verimliliği artırır ve üretim kusurlarını azaltır. Bir istif şeklinde ön preste preslenen taslakların, sıcak preste yüklenmesi daha kolay olur. Böylelikle pres katları arasındaki açıklığın, taslakların yerleştirilmesinde kolaylık sağlaması bakımından, geniş tutulmasına gerek kalmaz. Ön preslemeye; tutkal türü ve reçeteleri, ortam sıcaklığı, kaplama türü, sıcaklık ve rutubeti, taslağın açık ve kapalı bekleme süresi ile ön pres basınç ve süresi etki etmektedir [2].

Ön pres süresi genellikle 3-5 dak., basıncı ise; sıcak pres basıncından en az 1.8-2 kg/cm² yada % 20-30 oranında daha az olmalıdır. Genel olarak uygulanan ön pres basıncı; yapıştırıcının yeterli temasını sağlayacak derecede ve odunun sıkışması sonucu kalınlık azalmasına neden olmayacak seviyede olmalıdır.

Sentetik reçine kullanılarak hazırlanan kontrplak taslaklarında, iyi bir yapışmanın temini için sıcak presler kullanılmaktadır. Sıcak preslemede; pres basınç, sıcaklık ve süresi oldukça önemlidir. Pres basıncı; öncelikle ağaç cinsi (yumuşak veya sert ağaç), elastikiyet ve sertlik, üst yüzeylerin özelliği, iç tabakanın ölçü tamlığı ve yapısı gibi faktörlere bağlıdır. Aynı tabaka içerisinde değişik ağaç türlerinin kullanılmasında pres basıncı yumuşak ağaca göre belirlenmektedir. Pres sıcaklığı ise; tutkal türüne bağlıdır ve her tutkal için bir sertleşme sıcaklığı vardır. Üre formaldehit tutkalı 90-120 °C, fenol formaldehit ise 140-170 °C sıcaklıklarda sertleşmektedir [18]. Presleme süresi; taslağın ısınma süresi ile tutkalın sertleşme süresinin toplamına eşittir. Taslağın ısınma süresi ise; orta tabakanın 100 °C sıcaklığa ulaşması için geçen süre olup, her bir mm levha kalınlığı için 1 dakika olarak kabul edilmektedir [18].

1.3.9. Kontrplakların Klimatize Edilmesi

Sıcak presleme işleminden sonra, kontrplakların iç ve dış tabakaları arasındaki sıcaklık ve rutubet farklılıklarını kararlı hale getirmek gerekmektedir. Bunun için; prestan çıkan levhaların iklimlendirme kanallarından geçirilmesi, araya çita konmaksızın sık bir şekilde istif edilmesi veya levha yüzeylerine su püskürtülmesi yöntemleri uygulanabilir. En uygun olanı, levhaların iklimlendirme kanallarından geçirilmesidir.

İklimlendirme işleminden sonra standart ölçülere getirmek amacıyla levhaların boy ve yanları alınır. Standartlara uygun şekilde boyutlandırılan kontrplakların alt ve üst yüzeyleri zımparalama makineleri ile zımparalanmaktadır.

1.4. Ağaç Malzemenin Yangına Karşı Muamelesi

Üstün direnç özellikleri, işlenme kolaylığı, işlenme maliyetinin düşük olması ve estetik oluşu nedeniyle odun gerek inşaat ve yapı malzemesi olarak [1, 36, 37], gerekse mobilya üretimi ve binaların iç döşemelerinde dekoratif amaçlarla uzun yıllardan beri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle temel özelliklerinin daha iyi anlaşılması ve odun endüstrisindeki gelişmeler, odunun yapı elemanı olarak kullanımını daha da ileri bir boyuta taşımıştır. LVL, OSB, kontrplak ve prefabrik yapı elemanları (kiriş, taban döşeme altlıkları, ara bölmeler, gibi) bu ürünlerden bazılarıdır [38]. Bu üstün özellikleri yanında odunun en önemli dezavantajı, yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında tutuşması ve yanabilmesidir.

Binalardaki tutuşabilen kısımların sıklıkla yangını başlattığı ve pek çok canlının, yapıda önemli bir yanma meydana gelmeden önce hayatını kaybettiğine inanılmaktadır [39]. Yanmanın meydana getirdiği kayıplara odunun katılımını azaltmak için odunun yangın geciktirici kimyasallarla muamele işlemi pek çok araştırmaya konu olmuştur [39, 40, 41]. Yine odunun yanma performansının kimyasal muamelelerle önemli ölçüde iyileştirildiği bilinen bir gerçektir.

1.4.1. Ağaç Malzemenin Yanmaya Karşı Muamelesinin Tarihsel Gelişimi

Yanmayı geciktirme maksadı ile ilk kez M.S. I. yüzyılda Romalılar yapmış oldukları botlarını ateşe karşı korumak için sirke ve şap çözeltileri ile muamele etmişlerdir [42]. Modern suda çözünen yangın geciktirici formülasyonlar ise; amonyum fosfat, amonyum-sulfat-amonyum klorit, amonyum klorit-boraks'ın selülozik liflere yeterli retensiyonlarda uygulandığında mükemmel yanmayı geciktiriciler olduğunun Gay Lussac tarafından 1820'de rapor edildiği dönemlere dek uzanmaktadır [42, 43, 44]. Bugün kullanılan inorganik kimyasalların çoğu 1800-1870 yılları arasında belirlenmiştir. O zamandan beri yanmayı geciktiren kimyasalların gelişimi ile ilgili çalışmalar hızlanmıştır. Ticari olarak yanmayı geciktirici işlemlerin uygulanması 1895'te Birleşik Devletler Donanmasının gemi konstrüksiyonları için yanmayı geciktiren kimyasallarla muameleli (Fire Retardant Treated) (FRT) odun kullanımı ile ilgili özellikleri yayınlamasından ve 1899'da on ikiden fazla kat içeren yüksek binaların pencere çerçeveleri, kemerler, iç

kısımlarda kullanılan tahta ve döşemelerde FRT odun kullanımını gerektiren yasanın New York'ta kabulünden sonra hızlı bir şekilde artmıştır [39, 42, 44].

1.4.2. Yangın Açısından Ağaç Malzeme ve Diğer Yapısal Elemanların Karşılaştırılması

Odunun yanabilir olmasına karşın, diğer yapısal materyallere oranla yangına katkısının minimum düzeyde olduğu ve yangının ilk aşamalarında da olsa mükemmel direnç özellikleri gösterdiği bilinmektedir [46]. Uygulanan konstrüksiyon ayrıntıları ve tasarıma da bağlı olarak odun; yanmaya karşı dikkate değer dirence sahip bir yapı malzemesi olarak kabul görmektedir. Ağır kereste konstrüksiyonları yavaş yandığından, yanma performansı ve güvenlik açısından, yanmaz konstrüksiyonlara göre daha uygun bulunmaktadır [39]. Karşılaştırma yapılırsa; çelik erime noktasına ulaştığında aniden çökerken, özellikle çelik kısımları çevreleyen ve demir aksamı içine alan beton, meydana gelen gerilim farkından dolayı çatlamakta veya parçalanmaktadır [46].

Ağaç malzemede termik genleşme katsayısı özellikle liflere paralel yönde çok düşük olup, örneğin iğne yapraklı ağaçlarda ortalama 4×10^{-6} dır. Bu katsayı çelikte üç kat daha fazla (12×10^{-6})'dir. Bu nedenle demir ve çelik kısımlar, ısı iletkenliğinin yüksek olması nedeniyle kısa sürede kızgın hale gelmekte ve ısı etkisi ile genişerek uzamaktadır [45, 46].

Odunun termal iletkenliği de oldukça düşük olup, çeliğin 0.4'ü, bakırın ise % 0.05'i kadardır. Mantar, alçı ve diğer yalıtım materyalleri ile aynı iletim sınıfına dahildir. Odunun doğal ısı yalıtım özelliği, yanan dış yüzeylerden iç kısımlara doğru ısı transferini sınırlandırır. Odunda rutubet azaldıkça yalıtım özelliği ve kömürleşme oranı artar, odun kömürünün ısı iletkenliği normal odunun % 30-50'si kadar olup daha iyi bir yalıtıktır [43].

Çelik ve alüminyum, ısı etkisi ile kısa bir zaman içerisinde sertlik ve dirençlerini kaybederler. Çelik 315-400°C, alüminyum 100-315°C ısı dereceleri arasında yumuşamaya başlar. Bu ısı dereceleri yangınlarda hemen kısa süre içerisinde oluştuğundan bu tür yapı

kısımları taşıma güçlerini önemli ölçüde yitirmekte ve ani çökmeler meydana gelmektedir [45].

Ağaç malzeme; konstrüksiyonlarda yapısal malzeme olarak yeterli kalınlıkta kullanılması durumunda, yüksek sıcaklık dereceleri ve yanmaya karşı direnç göstermekte, yüzeyi kömürleştiği halde iç kısımları sağlam kalmakta, taşıma gücünü uzun süre önemli miktarda koruduğundan söndürme, can ve mal kurtarma faaliyetlerine zaman kazandırmaktadır [46].

Yanlış bir inanişla, bina konstrüksiyonlarında sadece yanmaz materyallerin kullanılması durumunda yangın güvenliğinin sağlanacağı sanılmaktadır. Gerçekte, bilinen en yanmaz materyal ağır beton blokları olup, aynı mükemmel yanma performansı diğer materyallerle sağlanamamıştır [43]. Demir ve çelik yapı elemanları yanmaz; fakat buna karşılık çok yüksek ısı iletkenliklerinin olması nedeni ile düşük sıcaklık derecelerinde dahi plastik deformasyona uğrayarak önemli sakıncalar gösterirler [45].

1.4.3. Ağaç Malzemenin Yanma Performansı ve Geliştirilmesi

1.4.3.1. Tutuşma

Odun; bütün organik materyaller gibi yüksek sıcaklığa maruz kaldığında kimyasal olarak bozularak (piroliz) kömür ve gaz oluşturur. Odundan ayrılan gazlar hava ile karşılaştığında, sıcaklığa bağlı olarak bir alev varlığında veya alev olmaksızın tutuşabilir. Tutuşma (yanmanın başlangıcı), odun yüzeyinin kor haline gelmesi veya yüzeyde alev oluşumuyla ortaya çıkar [40, 41].

Tutuşma sıcaklığı; odun türü, etkisi altında bulunduğu termal koşullar ve çevresel koşullarla ilgili bir dizi faktöre bağlıdır. Türlerle ait faktörler; yoğunluk, rutubet miktarı, kalınlık ve yüzey alanı, yüzeyin absorbe etme özelliği, piroliz karakterleri, ısı iletkenliği ve ekstraktif içeriklerini kapsamaktadır. Tutuşma sıcaklığını etkileyen çevresel faktörler ise; maruz kalma süresi, ısıtma oranı, oksijen varlığı, hava sirkülasyonu ve havalandırma açığındaki odun elemanlarını çevreleyen boşluk geometrisi veya doluluk oranı, sıcaklık ve mevcut ısı enerjisi miktarıdır [41].

İ.C. YÜKSEK ÖĞRETİM ENSTİTÜSÜ
T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
MİLLÎ EĞİTİM ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME MERKEZİ

Selülozik katıların tutuşma sıcaklıkları ile ilgili yapılan araştırmalarda ısıtmanın radyasyon veya konveksiyon yoluyla olmasına bağlı olarak tutuşma sıcaklığı için geniş bir aralık tespit edilmiştir. Bununla birlikte, literatürde odunun tutuşma sıcaklığı genellikle 200 °C civarı olarak belirtilmekte [41, 45], tutuşma riski olmaksızın uzun süreli maruz kalınabilecek en yüksek sıcaklık olarak da 66 °C verilmektedir [41].

1.4.3.2. Termal Degradasyon

Oda sıcaklığının üzerindeki sıcaklık derecelerinde ısıtılan ağaç malzemedeki ilk etki endotermal olarak oluşur. Hücre boşluklarındaki rutubet ısı etkisi ile dışarıya çıkmaya başlar, ısı yükselip 100 °C nin üzerine çıktığında ise hücre çeperlerine bağlı su ve kimyasal yapı içindeki karbonhidratların bozunması ile meydana gelen suyun dışarıya çıkması devam eder. 100 °C ye kadar suyun buharlaşmasıyla devam eden kuruma olayında malzemenin direnç özellikleri de artar. Ancak, 100°C nin üzerine çıkıldığında (117-127 °C' de) ise selülozun bozunması başlar [45].

Odun ısıtıldığı zaman, kimyasal bağlar yaklaşık 175°C civarında kopmaya başlar ve sıcaklık arttıkça reaksiyonlar hızlanır. Havanın mevcut olması durumunda 100 °C den 200 °C ye kadar ısıtıldığında, karbondioksit gibi tutuşmayan ürünler ve eser miktarda formik ve asetik asit oluşur. 100 °C nin üzerinde karbonhidratlar yıkılmakta, katran ve çevreye difüze olan yanabilir bileşenler oluşmaktadır. 450°C üzerinde ise yanabilir ürünlerin oluşumu tamamlanır ve artık ürün olarak kömür kalır [47].

Selüloz 260-350 °C'ler arasında bozunmaktadır. Bu durum uçucu yanabilir ürünlerin temel kaynağıdır. Selülozun termal degradasyonu su, asit ve oksijen varlığında hızlanır. Sıcaklık arttığında selülozun polimerizasyon derecesi daha da artar, serbest radikaller, karbonil, karboksil ve hidroperoksit grupları oluşur. Depolimerizasyona neden olan ilk reaksiyon glikozidik bağların kopmasıdır (Glikozidik bağlar güçlü asitlerin varlığında oda sıcaklığında dahi hidrolize olabilirler) [47].

Hemiselülozlar 200-260 °C ler arasında parçalanmaktadır. Hemiselülozların termal kararlılıkları ve katran içeriği selüloza nazaran çok daha az, tutuşmayan gaz miktarı ise

daha fazladır. Odunun pirolizi ile ortaya çıkan asetik asit, hemiselülozların deasetilasyonlarına bağlanabilir.

200 °C'nin üzerinde yer alan dehidrasyon reaksiyonları, ligninin termal degradasyonunda ilk aşamadır. 150-300 °C'ler arasında α - ve β - aril-alkil-eter bağları kopar. 300 °C civarında alifatik kenar zincirleri aromatik halkadan kopmaya başlar. Sonuç olarak ligninin yapısındaki C-C bağları 370-400 °C arasında kopar. Böylece odunun degradasyonu, bileşenlerinin degradasyonun toplamı şeklinde ifade edilir [47].

Alfa selüloz ve hemiselülozun toplamını içeren holoselülozun degradasyonu, odunun degradasyonunu oldukça yakın bir şekilde takip eder. Ligninin degradasyon periyodu holoselüloza nazaran daha erken başlamasına rağmen genellikle daha yavaş pirolize uğrar. Odunun degradasyonu, ligninin degradasyonuna oranla α -selüloz ve holoselüloz çiftinin degradasyonuna daha çok benzemektedir. Odunun % 50'sinin selüloz ve %75'nin holoselüloz olması dolayısıyla bu durum mantıklıdır.

1.4.3.3. Yanma Penetrasyonu

Bir ağaç malzemenin; yanma penetrasyonuna karşı direnci veya yapısal fonksiyonunu sürdürebilmesi için gösterdiği direnç yada her ikisi birden yaygın şekilde yanma direnci olarak ifade edilmektedir [41].

Yanma oranı ağırlık kaybı iken, kömürleşme oranı boyuttaki kayıptır. Büyük boyutlu yapı elemanları için kömürleşme oranı (boyutlarındaki kayıp olması sebebiyle), odunsu elemanın yapıdaki yükü taşımaya devam edebilmesi açısından oldukça önemlidir [43].

Odun; düşük termal iletkenliği ve yanma esnasında oluşan yalıtıcı kömür tabakasının özellikleri nedeniyle yanma penetrasyonu için mükemmel bir doğal dirence sahiptir. Kömürleşen tabaka altındaki odun, orijinal odunun direnç özelliklerinin pek çoğunu korur [41, 42].

Yapılan çalışmalar sonucunda kömürleşme oranının rutubet miktarı ve tam kuru özgül ağırlığın artışı ile azaldığı tespit edilirken, teğet kesitte kömürleşme oranının, radyal kesitlere göre daha yüksek olduğu da belirlenmiştir. Yanma oranı üzerine yapılan çalışmalarda ise, lif boyunca artan permeabilitenin kömürleşme oranını artırdığı tespit edilmiştir [41].

1.4.3.4. Alev Yayılımı

Bir odun parçası yüzeyinde alevin yayılımı, bir alandaki yanmanın bitişik alan için tutuşmaya kaynak oluşturduğu gerçek bir tutuşma serisidir. Normal bir tutuşmada rutubet miktarı alev yayılımını etkiler. Bununla birlikte alev yayılımı, odunun kimyasal yapısına ve yoğunluğuna da bağlıdır [43].

Tutuşabilen bir yüzey üzerinde alevin yayılımı, yanmanın önemli bir performans karakteristiğidir. Bu özelliği belirlemek için uygulanan ASTM E 84 standardında; örneğin alt yüzeyine yatay olarak yerleştirilen tutuşturucu pilot bir alev, yanabilen materyali pirolize uğratacak şekilde ısıtır ve ortaya çıkan yanabilir gazlar bu pilot alev ile tutuşurlar. Alev yayılım sınıflandırması veya sayısı, örnek yüzey uzunluğu boyunca alevin yayılım süresinden hesaplanır [40, 41]. Alev yayılım sınıflandırması; kırmızı meşe için 100, çimentolu yongalevha için sıfır kabul edilip nisbi olarak türetilir [40, 41].

1.4.3.5. Kor Haline Gelme

Alev ile yanmanın devamı, ancak sıvı ve gaz fazların oluşmasıyla mümkündür [45]. Korlaşma; yanmakta olan odunun kömür tabakasındaki karbonun yandığının görülen bir kanıtıdır [41]. Karbon ile oksijenin birleşerek karbondioksit oluşturması iki aşamada meydana gelir [41, 45] :

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 kömür yüzeyinde meydana gelir, ikincisi ise bir gaz fazı reaksiyonudur [41]. Yüzeydeki kömürleşme, yanma devam ederken 600-700°C de kendiliğinden oluşur. Kor haline gelme kömürün tamamen yanmasına kadar devam eder [45].

1.4.3.6. Duman Oluşumu

Odun maddesinin yanması tamamlandığında, ısı ve ışıktan başka meydana gelen ürün; renksiz gazlar olan su buharı ve karbondioksittir. Ancak; tam bir yanma kontrollü koşullarda dahi olanaksızdır. Çünkü yanıcı gazların büyük bir kısmı da duman ile birlikte havaya uçmaktadır [45]. Tamamlanmamış yanma nedeniyle; karbonmonoksit, metan, formik asit, asetik asit, glukozal, doymuş ve doymamış hidrokarbonları içeren diğer gazlar ve buharlar da mevcut olabilir [41].

Duman oluşumu binalardaki yanma esnasında insan hayatı için en büyük tehlikeyi oluşturur. En tehlikeli duman; döşemelerde sıkça kullanılan sentetik lifler ve plastikten ayrılan ve mukayese edildiğinde odundan ayrışana göre daha zararlı olan dumandır. Bu nedenle, tehlikeli dumanların, alev yayılımı ve genişlemesini sınırlandırmak için oduna uygulanan kimyasal işlemlerden kaynaklanmadığını garanti altına almak önemlidir [39, 43].

1.4.4. Yanmayı Geciktirme Mekanizması

Odun endüstrisinde uygulanan yanmayı geciktirici kimyasal işlemlerin tümü, aynı temel teknik felsefeye dayanır [48]. Bu işlemlerde kullanılan kimyasallarla, odunun yanma kimyası değiştirilerek alev yayılımı olmaksızın odunun kömürleşmesinin sağlanması, yanıcı gazların ayrışmasının ve ısı yayılımının azaltılması tasarlanır [48, 49].

Literatürde; yanmayı geciktirici mekanizmalar ile ilgili çeşitli teoriler mevcuttur. Bunlar [39, 42]:

1. Bariyer Teorileri: Yanmayı geciktirici kimyasallar, fiziksel bir bariyer gibi oksijeninin maddeye ulaşmasını ve tutuşabilen bileşiklerin ayrışmasını engellemek

suretiyle, hem kor hem de alev halinde yanmayı geciktirebilirler. Bu bariyerler aynı zamanda yanabilen maddeleri yüksek sıcaklıklara karşı izole ederler. Yaygın olarak kullanılan bariyerler; sodyum silikat ve yüzeyde tabaka oluşturarak alev ile teması engelleyici (intumescent) kaplama maddelerini içerir.

2. *Termal Teoriler:* Yanmayı geciktirici kimyasallar; odunun ısı iletkenliğini artırarak (odun yüzeyinin ısıyı, yanmayı sağlayan kaynağa göre daha hızlı dağıtmasını sağlayacak şekilde) veya ısının kimyasal olarak absorbe edilmesini sağlayarak odun yüzeyindeki yanmaya engel olurlar.

3. *Yanmaz Gazlarla Seyreltme Teorisi:* Yanmayı geciktirici kimyasalların bozunmasıyla oluşan yanmayan gazlar, odunun pirolizi ile oluşan yanabilir gazları seyreltir ve yanmayan bir gaz karışımı oluşmuş olur. Örneğin disiyandiamid ve üre, aktif pirolizin başlama sıcaklığının altındaki sıcaklık derecelerinde yanmayan gazlar açığa çıkarırlar. Boraks büyük miktarda su buharı oluşturur.

4. *Serbest Radikal Oluşturma Teorileri:* Yanmayı geciktiren kimyasallar; pirolitik sıcaklıklarda, yanabilen gaz-hava karışımının yanma oranını sınırlandıran bazı iyon radikaller açığa çıkarırlar.

5. *Kömür Miktarının Artırılması/Uçucu Madde Miktarının Azaltılması Teorileri:* Yanmayı geciktirici kimyasallar, yanma sıcaklığını pirolizin meydana geldiği sıcaklıkların altına düşürerek, degradasyonu daha fazla kömür ve daha az uçucu madde oluşacak şekilde yönlendirirler.

6. *Uçucu Bileşiklerin Isı Miktarını Azaltma Teorileri:* Yanmayı geciktirici kimyasallar, yanabilen uçucu bileşiklerin ısı miktarını düşürürler. Isı miktarındaki bu azalma; kömür miktarı arttığında ve uçucu madde miktarı azaldığında meydana gelir.

Bu teorilerden 5. ve 6. teoriler daha fazla kömür, daha az uçucu miktarı ve daha düşük uçucu bileşen sıcaklığı sonuçları ile aynı fonksiyonları içeren [42] ve en yaygın kabul gören mekanizmalar olup, kimyasal teori olarak adlandırılmaktadır [49, 50, 51, 52, 53].

1.4.5. Yanmayı Geciktiren Kimyasallar

Odunun yanmasını geciktirmeye yönelik pek çok kimyasal sistem mevcuttur. Yaygın olarak kullanılan yangın geciktirici kimyasallar; mono- ve di- amonyum fosfat, amonyum sülfat, boraks, borik asit ve çinko klorür gibi inorganik tuzlardır [42, 54]. İnorganik tuzlar iç mekanlarda değerlendirilecek odunlar için en yaygın kullanılan kimyasallar olup, özellikleri 50 yılı aşkın bir süredir bilinmektedir [54]. Oduna uygulanan diğer bazı yanmayı geciktirici sistemler, organik bileşiklerin fosfat tuzlarının oluşumu esasına dayandırılmıştır ve organik tuzlar olarak adlandırılmaktadır [42].

Pek çok yanmayı geciktirici formül, yıkanmaya karşı dayanıklı olmadığından bu formüllerle muamele edilen odun ürünlerinin dış maksatlar için veya yüksek bağıl nem koşullarında kullanılmalarını sağlamak amacıyla, yıkanmaya karşı dayanımı iyileştirmeye yönelik çabalar devam etmektedir. Yıkanmaya karşı dayanıklı sistemler; çözünmeyen kompleksler, amino-reçine sistemleri ve odun içerisinde polimerleşen monomerler şeklindeki kimyasal karışımları içerirler [47].

Ağaç malzemenin yanmaya karşı korunması amacıyla en yaygın kullanılan bazı maddeler aşağıda açıklanmıştır.

Fosfor: Fosfor içeren en yaygın yanmayı geciktirici kimyasallar; fosforik asit, diamonyum ve monoamonyum fosfat içeren tuzlardır. Bu fosfatlar, hemen hemen bilinen en eski yanmayı geciktirici sistemlerdir ve genellikle tescilli maddelerdir [42, 47]. Organik bir bileşiğin fosfat tuzu şeklindeki daha yeni yangın geciktirici sistemler, üre- fosforik asit organik tuzları gibi P-N bileşenleri içerir [47].

Bor: Boraks ve borik asit, düşük erime noktasına sahip ve yüksek sıcaklıklarda şeffaf film şeklinde olan temel yanmayı geciktirici bileşiklerdir. Boraks, yüzeyin alev yayılımını azaltmakta ancak kor şeklindeki yanmayı artırabilmektedir. Bunun aksine borik asit, kor şeklindeki yanmayı azaltırken alev yayılımı üzerine fazla bir etkiye sahip değildir [42, 51]. Bu nedenle bu kimyasallar genellikle birlikte kullanılmaktadır [42].

Odun kömürünün yanmasını geciktirmek maksadı ile sıklıkla kullanılan boraks ve borik asit çözeltilerinin bir karışımı polibor ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) olarak adlandırılmaktadır. Boraks doygun borik asit çözeltisine ilave edildiğinde karışımın çözünürlüğü artmaktadır.

Borlu bileşikler; yanmayı geciktirici olarak kullanılmalarının yanında , mantar ve böceklerle karşı korumada kullanılabilen etkin kimyasallardır [55, 56].

Alüminyum Trihidrat: Alüminyum trihidrat'ın yangın geciktirici olarak değerlendirilmesi, alüminyum oksit ve suyun endotermik dehidrasyonuna dayanmaktadır. Tutuşma ısısının bir miktar absorplanması ve alev yakınındaki maddenin ısısının düşürülmesinde, hidrat ısı düşüren kimyasal bir madde olarak görev yapar [42].

Alüminyum trihidrat, odun kökenli levhaların üretiminde yanmayı geciktirici olarak tek başına kullanılabilir. Ancak yapılan araştırmalar, diğer kimyasallarla birlikte kullanılması halinde daha etkili olduğunu göstermiştir [42].

1.4.5.1. Yıkanmaya Karşı Dirençli Olan Yanmayı Geciktirici Kimyasallar

Suda çözünmeyen yanmayı geciktirici tuzlar; yıkanmaya karşı direnci sağlayabilmek için geliştirilmiştir. Düşük higroskopik uygulamalar gerektiğinde bu tür muameleler bir alternatif olarak uygulanır. Suda çözünmeyen bu maddeler [54]:

- Oduna empenye edildikten sonra polimerize olan reçineler
- Selüloza direk olarak tutunan yanmayı geciktirici polimerlerdir.

Birinci tipteki maddeler; üre, melamin, disiyandiamid ve bunlarla ilişkili bileşiklere dayalı bir amino reçine sistemidir [54].

Amino Reçineleri: Amino reçine sistemleri; üre, melamin ve disiyandiamid gibi bir azot kaynağı ile formaldehidin metilol amin oluşturmak üzere reaksiyona girmesini gerektirir. Bu ürün daha sonra fosforik asit gibi fosforlu bir bileşik ile reaksiyona girer. Fosfor ve azot arasındaki mevcut etki nedeniyle, daha düşük konsantrasyonlarda her bir bileşenin tek başına sağladığı yanmayı geciktirici etkiye ulaşabilirler [42, 57].

Amino reçine sistemlerinin bir avantajı, masif odun ve kompozit ürünlerine uygulanabilir olmasıdır [42]. Odunun hidrolizini minimuma indirmeleri, yıkanmaya karşı dayanıklı olmaları, sıcak preslemede renk değişimine neden olmamaları, higroskopik olmamaları diğer bazı avantajlarıdır [58, 59, 60].

Monomerler: Monomerlerle yapılan çalışmaların çoğu, tek başına veya diğer yanmayı geciktirici tuzlarla birlikte kullanılabilen organofosforlu bileşikleri içermektedir. Araştırılan diğer monomerler, hidrosimetilfosfonyum klorür ve hidrosimetilfosfonyum klorür'ün diğer tuzlarıdır [42].

1.4.5.2. Yanmayı Geciktirici Kaplama Maddeleri

Bazı uygulamalar için, yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin odun yüzeyine kaplayıcı olarak uygulaması, alternatif bir metot olarak kabul edilebilir. Bunlar; şişme-genleşme ve köpük oluşturma yoluyla ağaç malzemeye alev temasını önleyerek ısı iletimini sınırlayan maddelerle (intumescent) muamele ve köpük tabakası oluşturmadan alevlenmeyi önleyen maddelerle muamele (non-intumescent) olarak iki kısma ayrılmaktadırlar [46, 54]. Yaygın olarak kullanılan "intumescent" kaplama malzemeleri, yangına maruz kalındığında genişlemiş düşük yoğunluktaki bir film şekline döner. Bu çok hücreli karbonlu filmler odun yüzeyinden yüksek sıcaklıklarda ayrışırlar. Bu tip formülasyonlar bir dehidratlanma elemanı, kömür oluşturan bir madde ve bir genişletme elemanı içerir. Mevcut dehidratlanma maddeleri poliamonyum fosfat içermektedir. Kömür oluşturan karışımlar; nişasta, glukoz ve dipentaeritritol'den oluşmaktadır. Genişletme elemanları ise üre, melamin ve klorinat parafinler içerir. "Non-intumescent" kaplama ürünleri ise diamonyum fosfat, amonyum sülfat ve boraks gibi suda çözünen tuz formüllerinden oluşur [54].

1.4.6. Yanmayı Geciktirici Kimyasalların Odun Özelliklerine Etkileri

Odun ürünlerinin yanma performansının geliştirilmesi, yanmayı geciktiren kimyasal madde muamelesi ile kolay bir şekilde sağlanabilir. Ancak pek çok muamele, odun özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir. Yanmayı geciktirici maddelerde muamele edilmiş odun çoğunlukla higroskopik hale gelmekte ve mekanik özelliklerde düşüş

görülmektedir. Yanmayı geciktiren kimyasallar tutkallanabilme, işlenme ve boyama özelliklerini de etkilemektedir [61].

1.4.6.1. Direnç Üzerine Etkileri

Yanmayı geciktiren kimyasalların odunun direnç özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar; yüksek asitlik özelliğine sahip kimyasalların yüksek retensiyonlarda uygulanmaları sonucunda, süre ve sıcaklığa bağlı olarak odunda hidroliz etkilerinin ortaya çıktığını göstermiştir. Bununla birlikte, son zamanlardaki yanmayı geciktirici formülasyonlarda, nötralleştiren tuzlar ile birlikte kullanım neticesinde odunun direnç özellikleri üzerindeki olumsuz etkiyi minimize etmek hedeflenmektedir [39].

Odun ürünlerinin yapı maksadı ile kullanımında; yanmayı geciktiren kimyasallar ile muamele işleminin direnç düşüşleri neden olabileceği göz önüne alınarak, gerekli birim gerilmelerin muamele edilmemiş oduna nazaran % 10, bağlantı elemanları için de yine aynı şekilde gerekli yükün % 10 kadar azaltılması tavsiye edilmektedir.

Yapılan çalışmalar neticesinde direnç özelliklerinde en önemli düşüş, % 34'lük azalma ile şok direnci ölçümlerinde maksimum yükteki iş değerinde bulunmuştur. Bilindiği gibi maksimum yükteki iş değeri ancak yapısal amaçlarda dikkate alınmaktadır [40].

1.4.6.2. Higroskopik Özelliklere Etkileri

Özellikle inorganik tuzlarla empenye edilen odun, yüksel bağlı nem koşullarında empenyesiz oduna göre daha higroskopiktir [58, 59, 60, 62]. Emprenyeli odun için denge rutubet miktarındaki artış; kimyasal madde tipi, retensiyon miktarı, odun türü ve boyutlara bağlıdır [39].

25 °C sıcaklık ve % 65 bağlı nem koşullarında yanmayı geciktirici maddelerle muamele edilmiş odun için rutubet miktarındaki artış; kullanılan kimyasal tipi ve daha önce bahsedilen koşullara bağlı olarak % 2.8 kadardır. 25 °C sıcaklık ve % 80 bağlı nem koşullarında ise rutubet miktarında artış % 5'ten % 15'e kadar yükselir [39].

1.4.6.3. Korozyon Üzerine Etkileri

Korozyon; mevcut bağıl nem koşullarına, metal tipine ve kullanılan kimyasal maddenin retensiyonuna bağlıdır. Yanmayı geciktirici muamelelerin ilksel bazı tipleri, odunun metallerle temas halinde olduğu durumlarda oldukça korozyondur. Ancak % 5 veya daha düşük oranlarda sodyumdikromat gibi korozyon önleyici maddelerin kullanılması durumunda, çeşitli metallerle karşı korozyon etkisi önemsiz bir düzeye düşürülmüş olur [39]. Bununla birlikte yanmayı geciktirici maddelerle muamele edilmiş odunlar, uzun süreli yüksek bağıl nem koşullarına maruz bırakılmamalıdır [40].

1.4.6.4. Boyanabilirlik Üzerine Etkileri

Boyanabilirlik normal koşullar altında önemli bir problem değildir. İstisnai olarak yüksek bağıl nem koşulları, boya filmlerinin adhezyonunu etkileyebilir veya odunun artan rutubet miktarı nedeniyle boya yüzeyinde kimyasal kristaller oluşabilir. Genellikle muameleli odunlara üst yüzey işlemleri uygulanmaz. Çünkü kimyasallar, renk koyulaşması veya düzensiz lekelenmelere neden olabilir [40].

1.4.6.5. İşlenebilirlik Üzerine Etkileri

Odunun işlenmesi esnasında inorganik tuz kristallerinin aşındırıcı etkisi aletlerin ömrünü kısaltabilir. Tungsten-karpit uçlu veya aşındırıcı etkiye karşı dirençli benzer alaşımlar kullanılarak bu durum minimize edilebilir [39, 40].

1.4.6.6. Tutkalanabilirlik Üzerine Etkileri

Odunun tutkalanma özelliklerinin inorganik tuzlar tarafından olumsuz şekilde etkilenmesi; tuzun kimyasal yapısı, pH'ı, konsantrasyonu ile tutkal tipi ve tutkalanma koşullarına bağlıdır [39]. Genellikle yanmayı geciktirici maddelerle muamele edilmiş odunların dekoratif amaçlar için kullanımında elde edilecek yapışmalar da sorun yoktur [39, 40].

1.4.7. Yanmayı Geciktiren Kimyasallarla Muamele Edilmiş Kontrplak

Yanmayı geciktiren kimyasallarla muamele edilmiş kontrplakların ilk kullanım yerleri; askeri binalar, hangarlar ve savaş gemileri olup, Birleşik Devletler silahlı kuvvetleri ilk kullanıcılar arasındadır. Teknik ve ekonomik etkenler neticesinde kimyasal formülasyonlarla birlikte FRT-kontrplakların kullanım alanları da değişmiştir. 1960'larda çeşitli inşaat yasalarıyla çatı sistemlerinde yanmayan materyallerin yerine yapısal maksatlar için kullanılmasına izin verildikten sonra, FRT-kontrplaklar tutuşmayan konstrüksiyonlar için önemli bir alternatif olmuştur [48, 62]. Bu gelişmeler daha büyük bir talebi ve FRT-kontrplaklar için daha geniş bir kabulü sağlamış ve FRT-kontrplakların kullanımını çarpıcı bir şekilde artmıştır [48].

FRT-kontrplaklar, bir çok ülkede yer alan yapı mevzuatına göre; düşük yüzey tutuşma kabiliyetine sahip malzeme gerektiren kullanım yerlerinde (odaların iç düzenlemeleri, taban ve tavan döşemeleri, trabzan ve ahşap yangın kapılarında) değerlendirilmektedir [54, 63 ,64]. Yanmaz malzeme olarak kabul edilmemesine karşın; çeşitli yasalar yangına karşı dirençli ve tutuşmayan konstrüksiyonlarda FRT-odun ve kontrplakların kullanımına izin vermektedir [54, 65, 66]. Ayrıca ilgili yönetmelikler, çok konutlu binalar ve işyerlerinde yapısal amaçla (kolon, kiriş) kullanılacak kontrplak ve kerestelerin yanmayı geciktirici kimyasallar ile muamele edilmesini gerektirmektedir [67]. Aynı şekilde belirli bir yanma performansı gerektiren mimari uygulamalar için de FRT-kontrplaklar kullanılmaktadır [59].

FRT-kontrplakların en önemli kullanım alanları ise, toplu konutların çatı sistemleridir [68, 69, 70, 71, 72]. Muamele edilmiş odun; aynı zamanda yapı iskelesi yapımı ve dış maksatlı kullanımlarda alev yayılımını azaltma maksadıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.4.8. Kontrplakların Koruyucu Kimyasallarla Muamele Yöntemleri

Kontrplakların koruyucu kimyasallarla muamelesinde çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlar [73, 74] :

1. Kontrplakların üretiminden sonra basınçla muamelesi,

2. Koruyucu kimyasalın tutkal hattına ilavesi,
3. Kaplamaların tutkallama işleminden önce muamelesi,
4. Koruyucu kimyasalın kontrplak levha yüzeylerine uygulanmasıdır [38, 56, 55, 74].

Kontrplakların üretiminden sonra; koruyucu kimyasallarla muamelesi basit gibi görülmekle birlikte, bunun için büyük boyutlu silindirler gerekmektedir [75]. İşlemi takiben kontrplakların yeniden kurutulması söz konusudur. Kontrplakların kurutulması; taşıma ve işleme maliyetlerini düşürmek ve daha iyi boyut stabilitesi sağlamak bakımından önemlidir. Ancak; yeniden kurutma işlemi ve muamelenin birlikte etkileri, mekanik özellikleri etkileyebilir [76].

Kimyasal maddelerin tutkala ilavesi; uygulanan bazı ilave işlemler dışında işlem gerektirmemesi ve nispeten daha az kimyasal madde kullanılması sebebiyle ekonomik açıdan daha çekici görünmektedir [77, 78]. Bununla birlikte; koruyucu kimyasalın tutkala karıştırılmasında sadece kimyasal madde ile tutkalın değil, aynı zamanda odun türünün de uyumlu olması gerekmektedir [75].

Üretimden önce kaplamaların muamelesi basittir. Yaş haldeki kaplamalara difüzyon yolu ile kolaylıkla uygulanabilir [75, 79]. Bu yöntemde; yanmayı önleyen tuzların yüzeyde fazla miktarda birikmesi, tutkallama işleminde tutkalın yüzeyi ıslatmasını engelleyebilir ve bu nedenle zayıf yapışma gerçekleşebilir [79].

1.5. Levha Ürünlerinde Uçucu Organik Bileşiklerin Emisyonu

Sentetik reçinelerle üretilen odun kökenli levha ürünlerinin (Yongalevha, kontrplak, MDF gibi) üretim ve kullanımları esnasında çevre ve insan sağlığı açısından çeşitli problemler ortaya çıkmaktadır. Bunlar; presleme ve kullanım sırasında levhalardan ayrılan formaldehit, zımparalama esnasında ortaya çıkan odun tozları, özellikle fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda daha fazla olmak üzere, açığa çıkan uçucu haldeki formik ve asetik asitin sebep olduğu problemlerdir [80]. Formaldehit mol oranı yüksek ÜF tutkalları ile üretilen yongalevhelerde, üretimden sonra yaklaşık 40 yıl geçmiş olmasına rağmen, formaldehit ve uçucu asitlerin ayrışmasının devam ettiği tespit edilmiştir [81].

Odun kökenli levhalardan kaynaklanan uçucu asit emisyonu; metallerde korozyona neden olması, demir-tanen renklenmesi, sentetik vernik ve tutkalların sertleşmesi üzerine etkisi, odun koruyucuların fikse olmaları, kağıtlarda sararma gibi çeşitli etkilerden dolayı endüstriyel açıdan oldukça önemlidir. Ayrıca, yumuşak odunların esas emisyon bileşeni olan terpenler, bu ağaç türleri ile çalışan kişilerde alerjik reaksiyonlar verebilmekte, mukoza ve deri tahrişlerine yol açabilmektedir [5]. Formaldehit de yine ayrışma miktarına bağlı olarak, insanlarda göz yaşarması, boğazda yanma, nefes darlığı ve alerjik deri rahatsızlıklarına sebep olması dolayısıyla birçok araştırmaya konu olmuştur. Pekçok ülkede, hazırlanan bilimsel ve resmi raporlarla odun işleyen endüstrilerde hem çalışanlar, hem de bu malzemeleri kullananlar için; iş, çevre ve sağlık açısından sürekli yenilenen uyulması zorunlu düzenlemeler yapılmaktadır [80].

Çalışma ve günlük yaşama mekanları içerisindeki hava kalitesine verilen önemin artması ile birlikte son yıllarda ilgiler, odun ürünlerinden kaynaklanan bir başka emisyon problemi olan uçucu organik bileşiklere (Volatile Organic Compounds) (VOC) yönelmiştir [82, 83].

Pek çok insan zamanının % 80-90'ını kimyasal konsantrasyonun dış mekanlara göre çok daha fazla olduğu iç mekanlarda geçirdiklerinden, iç mekanların hava kalitesi insanlar için çok daha önemli olmaktadır [83, 84]. Bu problem; 1970'li yıllarda enerji krizinin bir sonucu olarak; ev ve işyeri sahiplerinin binalardaki enerji etkinliğini, hava değişim oranını azaltmak suretiyle artırmaya çalıştıkları dönemde çok daha şiddetlenmiştir. Hava değişim oranının azalması, yapı ve döşeme malzemelerinden ayrılan VOC'lerin hissedilebilir ve zararlı olabilecek bir konsantrasyonda birikmesine neden olmuştur [84].

Yongalevha, kontrplak ve MDF gibi kompozit odun ürünleri; döşeme altı, kapı göbekleri, dolaplar, bölmeler ve mobilya olarak iç mekanlarda geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bu ürünlerin çoğu; sentetik bir reçine, katalizör olarak görev yapan inorganik bir madde ve vaks gibi küçük bir bileşikten oluşan su bazlı bir tutkal ile odunun basit bir kompozisyonudur. Kontrplak ürünleri ayrıca dolgu ve katkı maddeleri de içerebilirler [84]. VOC emisyonları, potansiyel olarak levhayı oluşturan bu materyallerin herbirinden ayrışabileceği gibi, odun içerisinde doğal olarak bulunan bileşiklerden de kaynaklanabilir [82, 85, 86].

İç mekanlardaki hava kalitesi üzerine etkilerini bertaraf edebilmek amacıyla bu materyallerin, VOC emisyon karakteristiklerini anlamak ve belirlemek oldukça önemlidir. İç mekanlardaki hava kalitesi ile ilgili problemlere vakıf olabilmedeki başarı ile, artık düşük VOC emisyonuna sahip yapı malzemelerinin üretim ve seçimini büyük oranda yönlendirmektedir [87]. Bina tasarımcıları ve müteahhitler, yeni bir binanın standart iç mekanlar için gerekli hava kalitesini karşılayacağını garanti etmek durumundadır. Hangi materyalin; yapısal ve estetik beklentileri karşılarken, bu gereksinimleri en iyi şekilde yerine getirebileceği kararını verebilmek için emisyon bilgilerine ihtiyaç vardır. Emisyon spesifikasyonlarının karşılandığından emin olabilmek için pek çok yapı ve döşeme malzemesinin kullanımdan önce test edilmesi gerekmektedir. Örneğin, büro mobilyaları için formaldehit emisyonunun 0,05 ppm. den ve toplam VOC emisyonunun 0,50 ppm den fazla olmaması gerekmektedir [84].

VOC emisyonunun diğer bir boyutu ise, ozon dengesi üzerine etkisidir [88, 89, 90, 91]. Diğer materyallerle mukayese edildiğinde odunun çeşitli ürünlere dönüştürülmesi sırasındaki emisyonlar, düşük bir etkiye sahiptir. Ancak; işlenme sırasındaki her bir adım, emisyonlar için uygun ortam oluşturmaktadır. Odunsu atıkların yakılması, kurutma işlemleri, tutkal hazırlama, levha presleme, yüzey işlemleri ve ürün depolama; odun kökenli levhalardan kaynaklanan emisyonlar için birer aşama olarak değerlendirilmektedir [92, 93]. 1990'da Temiz Hava Anlaşması'nda (Clean Air Act) yapılan yasa değişikliği ve odun kökenli levhalardan ayrılan VOC'lerin ozon dengesini bozan maddeler sınıfına dahil edilmesi ile, kompozit odun ürünleri endüstrisine yeni düzenlemeler getirilmiştir [94, 95]. Anlaşmada 11 bölüm mevcut olup I, III ve V. bölümler, orman ürünleri endüstrisi ile doğrudan ilgilidir. I. Bölüm, EPA'nın yayınlamış olduğu Ulusal Hava Kalite Standardı'nın ne olduğu ve nasıl korunması gerektiği ile ilgilidir. III. Bölüm, tipik olarak kanserojen, mutasyona sebep olan ve toksin oluşturabilen tehlikeli hava kirletici maddeleri kapsamaktadır. Düşük miktarlarda ayrışmalarına rağmen metanol, formaldehit ve asetaldehit vb., hava kirliliğine sebep olan 189 tehlikeli madde listesinde yer almaktadır. V. Bölüm ise, ruhsat verilme durumlarını gösterir [6,7].

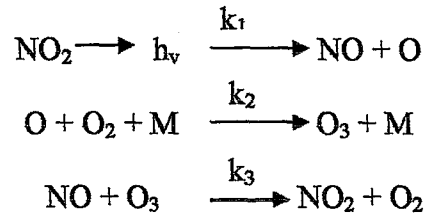
1.5.1. Uçucu Organik Bileşiklerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Uçucu organik bileşikler karbon içeren ve atmosferik fotokimyasal reaksiyonlarda rol oynayan CO ve CO₂'in dışındaki bileşiklerdir. Odun kökenli levhalardan ayrıştığı tespit edilen ve odunda mevcut olduğu bilinen VOC'lerden bazıları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Odun ve odun kökenli levhalardan ayrışabilen bazı uçucu organik bileşikler

Asitler ve Esterler	Alkoller	Aldehitler-Ketonlar	Alifatik Hidrokarbonlar	Aromatik Hidrokarbonlar
Asetik Asit Formik Asit Metil Asetat	Borneol Izopropanol 1-Pentanol	Asetaldehit 2-Butanon Nonanal Aseton Heptanol Oktanol Benzaldehit Heptanonlar 1-Octanal Butanal Hekzanal	Kamfen Oktan 3-Karen Pentan Heptan α -Pinen Limonen β -Pinen	Benzen <i>p</i> -Symene Toluen Ksilen

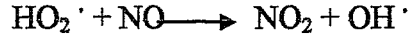
Bu maddelerden bazıları; nitrojen oksitlerle reaksiyona girerek ozon dengesini değiştirmek suretiyle insan sağlığına, orman ekosistemlerine ve tarımsal ürünlere olumsuz etki etmektedir [89, 91]. En çok dikkati çekenler α - ve β -Pinen olup, pek çok yumuşak ağaç türünde bol miktarda bulunan terpenlerdir [6, 86, 88]. Ozon (O₃), aşağıdaki reaksiyonlar neticesinde normal olarak troposfer içinde NO (azot monooksit) ve NO₂ (azot dioksit) ile dengede bulunan bir maddedir :



Burada; k : Hız sabiti,

M : Reaksiyon enerjisini absorplayan N₂ ve O₂

Dengedeki ozonun bu konsantrasyonu, k_1 ve k_3 sabit değerleri için $[\text{NO}_2] / [\text{NO}]$ oranına bağlıdır. Ozon oluşumu, artan güneş ışığı ile desteklenir. Ancak, NO ile hızlı bir şekilde reaksiyona girdiğinden dolayı konsantrasyonu çok fazla artmaz. Hidrokarbonlar, O_3 , OH veya atmosferde bulunan diğer bileşiklerle bozundurulur veya aside edilerek çeşitli serbest radikallere dönüşebilirler. Bu durum, formaldehitten oluşan peroksi radikal ile gösterilebilir :



Bu $[\text{NO}_2] / [\text{NO}]$ oranını değiştirir ve O_3 düzeyini, oluşturulacak kimyasal dengede daha büyük olmaya zorlar. Ulusal Hava Kalite Standardı, ozon için 0,08 ppm'dir (3 yıl içerisindeki en yüksek 4 konsantrasyonun ortalaması) veya 0,12 ppm (bir yıl içindeki en yüksek 1 saatin ortalaması).

Metanol, formaldehit ve asetaldehit gibi diğer bazı VOC'ler de kanserojen, mutasyona sebep olan ve toksin oluşturabilen hava kirletici tehlikeli maddelerdir [6].

Hava kirliliği sadece çevreyi değil, aynı zamanda insan sağlığını da etkilemektedir [83]. İç mekanlar için VOC'lerin konsantrasyonu ile ilişkili sağlık problemleri; solunum yolu tahrişleri (astım dahil), gözlerde yaşarma, hassasiyet, konsantrasyona karşı dayanıksızlık ve uyuklu olma halidir [82, 84, 97]. Tråetek (İsveç Odun Teknolojisi Araştırma Enstitüsü), İsveç nüfusunun % 7-10 kadarının yapı ve döşeme materyallerinden ayrışan VOC'lerden kaynaklanan kötü hava koşulları ile doğrudan ilişkili sağlık sorunlarına sahip olduğunu belirtmektedir [84]. Hong Kong'da okulları kapsayan bir araştırma; iç mekanlarda hava kalitesindeki kayıpların, öğrenciler ve çalışanların kısa süreli sağlık sorunlarının uzun süreli sağlık sorunlarına dönüşme oranını artırdığını ve verimliliği düşürdüğünü göstermiştir [83].

VOC emisyonunun çevre ve insan sağlığı üzerine bilinen bu genel etkileri yanında çeşitli spesifik etkileri de mevcuttur. Örneğın, terpen buharlarının mukoza tahrişine, 3-Caren'in hidroperoksitleri gibi oksidasyon ürünlerinin deri tahrişlerine yol açtığı bilinmektedir. Aldehitler, koku problemlerine ve düşük konsantrasyonlarda kağıtlarda sararmaya neden olmaktadır. Özellikle yapraklı ağaç hemiselülozları içerisinde bulunan asetil gruplarının hidrolizi ile oluşan asetik asit ise korozyona sebebiyet vermektedir [5].

1.5.2. VOC Emisyonuna Etki Eden Faktörler

Odun kökenli levhalardan ayrılan VOC'lerin bir kısmı odun ekstraktifleri içinde mevcut organik bileşiklerden kaynaklanmaktadır [85]. Diğer kısmı ise, levha üretim aşamalarında yer alan kurutma, tutkallama, presleme ve depolama esnasında oksidasyon, termoliz veya buharlaşma sonucu ayrılan bileşiklerdir [82, 92]. Bu nedenle, odun kökenli levhaların VOC emisyonuna etki eden faktörleri iki ana başlık altında incelemek mümkündür.

1.5.2.1. Ağaç Türü

Bölgesel faktörler, çevresel koşullar ve genetik farklılıklar; odun içerisindeki ekstraktif madde tipleri ve miktarlarını, dolayısıyla da ayrışabilecek potansiyel VOC miktarlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Genellikle odunlarda ekstrakte edilebilen toplam madde miktarı % 3-9 arasındadır. Bazı türlerde ekstraktif madde miktarı, tam kuru ağırlığa oranla % 40 seviyesine kadar çıkmaktadır [97].

Yumuşak odunlardaki esas emisyon, terpenlerden kaynaklanmaktadır [5, 98]. Bunlar arasında en önemlileri; α -pinen, β -pinen, kamfen, limonen, β -mirosen, α -terpinol gibi doğal bileşikler ve fenilalkol, borneol, kamfon, verbenon gibi monoterpenlerin su veya oksijenle reaksiyonları sonucu oluşan bileşikler sayılabilir [91].

Sert odunlar biraz daha fazla alkol ve karbonil bileşenlerinin farklı emisyonlarına neden olurlar. Yapılan çalışmalarda; pek çok sert odunun emisyon spektrumlarında heksanal ve pentanal'ın en büyük pike sahip olduğu görülmüştür. Bunlar doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile oluşmaktadır. Bazı sert odun türleri ise yüksek miktarda asetik asit yaymaktadır [5]. Organik asitler odun içerisinde serbest olarak bulunabildikleri gibi, esterler veya tuzlar şeklinde birleşmiş olarak da bulunabilirler. Asetik, fumarik, süksinik, malik ve sitrik asit; çeşitli odunların "diri odun" bileşenleri içerisinde yer almaktadır [99]. Yapılan bir araştırmada; ladin, duglas, meşe, melez ve teak odunlarının farklı sıcaklıklardaki yağ asitleri belirlenerek gaz kromatografisi ile kalitatif ve kantitatif olarak analiz edilmiştir. Sonuçta, farklı miktarlarda asetik, formik ve propiyonik asit içerdikleri tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra meşe, duglas, melez ve teak'in butirik asit, teak ve

melez'in krotonik asit ve ayrıca teak'in akrilik asit oluşturduğu belirlenmiştir [4]. Bir başka çalışmada ise; incelenen dokuz tür içinde en fazla asetik asit meşede bulunmuş, bunu kiraz takip etmiştir [5].

1.5.2.1.1. Odunun Asitliği

Odunun asitliği çeşitli faktörlere bağlanmaktadır. Bazı araştırmacılara göre odunun asitliği; tuz ve ekstraktif miktarı, hemiselülozların üronik ve diğer asidik grupları ile az miktarda selüloz ve ligninin doğal yapısındaki asidite gibi, odunun doğal bileşenlerinin asidik yapısının bir sonucudur. Bununla birlikte yapılan diğer bazı çalışmalar; temel katkının odun içerisinde mevcut veya odun bileşenlerinin kimyasal yada biyokimyasal reaksiyonları ile (ısı işlem ve yıkıcı destilasyon gibi) "muamele" veya "maruz bırakma" sonucu gelişen organik asitlerden kaynaklandığını ortaya koymuştur [100].

Odun içerisindeki organik asitler, yapısal olmayan bileşenler veya ekstraktifler gibi serbest ve/veya bağlı şekilde bulunurlar ve basit organik asitler (asetik, formik ve oksalik asit) veya kompleks polifenollerdir. Odunun asitliği, ekstraktiflerin oksidasyonu ve odun bileşenleri; selüloz, hemiselüloz ve ligninin termolitik ve hidrolitik degradasyonu ile artış gösterir. Asetik asit ve formik asit, odun içindeki temel uçucu asitlerdir. Asetik asidin temel kaynağı, odunda karbonhidratlara bağlı bulunan asetil gruplarıdır. Asetil grupları, sert odunlarda selülozik olmayan polisakkaritlerin esterleri olarak % 3-5 oranında, yumuşak odunlarda ise ksilan ve glukomannan ünitelerine bağlı önemli hücre çeperi bileşenleridir [101].

Odunun hidrolizinde formik asidin de sıklıkla görülmesi, odun içinde formil gruplarının da olabileceğini düşündürmüştür. Ancak yapılan bir çalışmada muamele edilmemiş bir odunda formik asit oluşumu için çok az miktarda formil gruplarının olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, formik asidin asit ve alkali koşullarda odun polisakkaritlerinin bozunmasıyla oluşabileceği sonucuna varılmıştır [100].

1.5.2.2. Levha Üretim Aşamalarının Etkisi

Levha üretim aşamaları içerisinde yer alan odunun kurutulması, tutkallama, levha presleme ve ürünün depolanması; VOC emisyonlarının meydana geldiği temel alanlar olarak değerlendirilmektedir [86, 92].

1.5.2.2.1. Odunun Kurutulması

Odun içinde mevcut bileşikler su ile uzaklaşabileceğinden kurutucular, VOC'lerin ayrıştığı en önemli alanlardan biridir. Reaksiyonlar gaz fazında meydana geldiğinden, ayrılan bileşikler orijinal odunda mevcut bileşiklerden farklı olabilir. Buna örnek olarak verbenol, verbenon, myrtenol gibi α -pinen'in oksidasyonu ile oluşan aldehit, keton ve hidroksil grupları içeren halkalı bileşikler verilebilir [6].



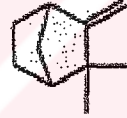
α -pinen



β -pinen



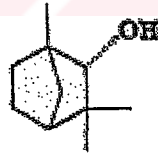
limonen



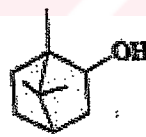
kamfen



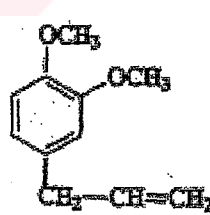
β -mirosen



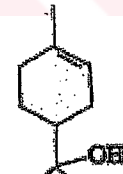
fenisilalkol



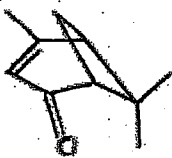
borneol



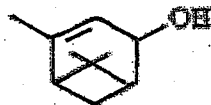
metileugenol



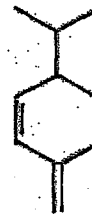
α -terpinol



verbenon



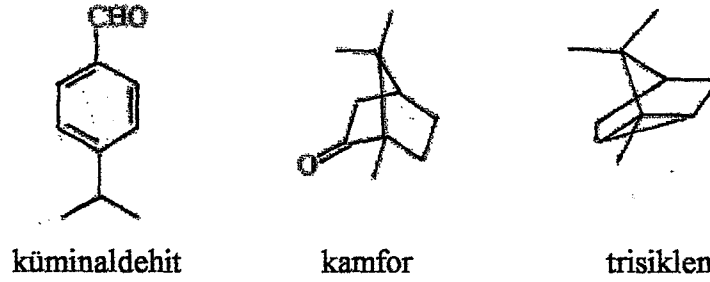
verbenol



β -fellandren



benzaldehit



Kurutma işleminde ayrılan VOC'lerin miktarı kurutucu tipi, kurutma sıcaklık ve süresine bağlıdır. Kurutma sıcaklık ve süresindeki artış uçucu organik bileşiklerin ayrışma oranını artırmaktadır [97]. Ayrışma miktarı aynı zamanda kurutulmakta olan hammadde türüne de bağlıdır. Örneğin yumuşak odunlarda; her 2,360 m³ kereste için kurutma fırınlarından 0,454-1,814 kg toplam uçucu organik bileşik ayrışması söz konusudur. OSB üretiminde kurutuculardan ayrılan VOC miktarı 0,908-2,628 kg/ton kadardır. MDF üretiminde; üretim yöntemi farklılık gösterdiğinden (tutkalın kurutma öncesinde veya sonrasında eklenmesi.. gibi) emisyon değerleri oldukça farklılık göstermektedir [6].

1.5.2.2.2. Presleme Koşullarının Etkisi

Sıcak presleme esnasında meydana gelen emisyonlar, odundan ve bağlayıcı olarak kullanılan tutkaldan kaynaklanmaktadır. Odundan ayrılan bileşikler; uçucu ve yarı uçucu ekstraktifler, odunun degradasyon ürünleri ve odun ekstraktiflerinin kimyasal reaksiyon ürünlerine bağlanabilirler [86]. Kurutma ve presleme esnasında uygulanan sıcaklık, levha ürünlerinden ayrılan VOC'ler için önemli bir faktördür. Çünkü oksidasyon, termoliz veya buharlaşma, bu emisyonlara yol açan normal koşullardır. Literatürde; odun pirolizinin beş aşamada gerçekleştiği ve her bir aşamanın VOC'lerin belli tiplerinin oluşumu ile karakterize edildiği belirtilmektedir. Birinci aşama kuruma aşaması olup, yağlı ve "oleoresin" li maddelerle birlikte rutubet kaybı olur. 200-280 °C arasında ise daha az kararlı olan hemiselülozlar yıkımlanır. Ksilan'ın bozunması ile asetik asit, formik asit, metanol ve furfurool oluşur [92, 93]. Karbonmonoksit, karbondioksit de bu aşamada ayrılmaktadır [93].

Presleme sırasında ön hidroliz (prehidroliz) meydana gelmekte, hemisüloz miktarı düşerken, çözünebilir karbonhidrat fraksiyonu artmaktadır. Termal muameleler sonucu

odunda meydana gelen kimyasal değişmeler, presleme esnasında sertleştirici ve formaldehit varlığında daha da şiddetlenir [102].

Sıcak presleme esnasında meydana gelen VOC emisyonunu etkileyen pres parametreleri; pres sıcaklık ve süresi, taslak rutubeti, reçine tür ve miktarı ile levha yoğunluğudur. Yapılan bir çalışmada; hem formaldehitin hem de toplam VOC miktarının pres sıcaklığı, pres süresi, reçine miktarı ve levha yoğunluğu ile arttığı, en büyük etkiyi ilk iki faktörün gösterdiği tespit edilmiştir. Artan taslak rutubeti karışık bir etki göstermiş ve toplam maksimum VOC miktarı % 10-14 taslak rutubetlerinde elde edilmiştir [86].

ÜF tutkalı ile üretilen levhalarda mol oranı oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Kullanılan tutkaldaki yüksek formaldehit miktarı asit ayrışmasını artırmaktadır [103].

NCASI (National Council for Air and Stream Improvement) tarafından yürütülen bir çalışmada, VOC'lerin tutkaldaki serbest formaldehit miktarı, vaks miktarı ve presleme süresindeki artış ile arttığı ortaya konulmuştur [92].

Kullanılan tutkal, yüzey kaplama malzemesi ve vernik gibi maddeler de bu emisyonlara katkıda bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak bilineni formaldehit emisyonudur. Reçine üreticileri düşük sıcaklıklarda uygulanabilen, düşük serbest formaldehit içeren reçineler üretmek veya formaldehit tutucu veya bağlayıcı maddelerin kullanımını şeklindeki çeşitli uygulamalarla formaldehit emisyonunu önlemeye çalışmaktadırlar [6].

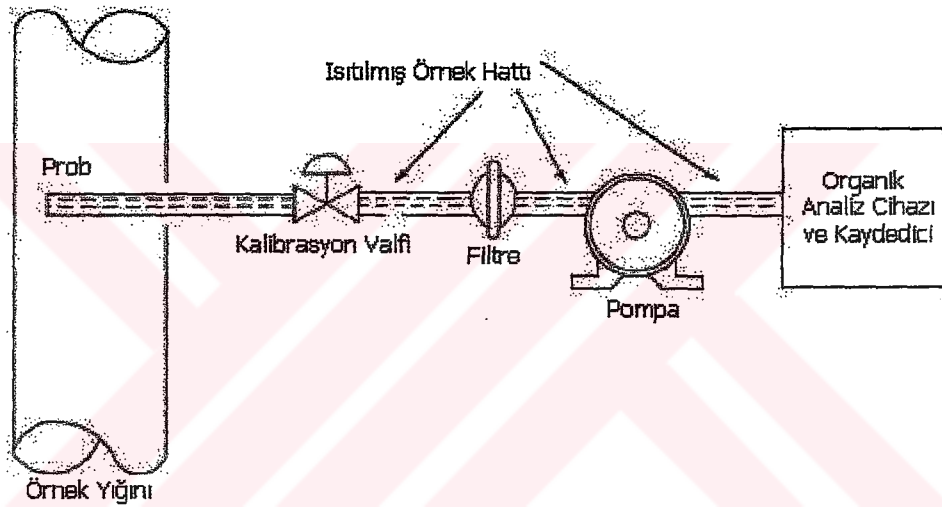
1.5.3. Odun Levhalarından Ayrışan VOC'leri Belirleme Yöntemleri

1.5.3.1. EPA 25A Yöntemi

EPA 25A yöntemine göre uçucu gaz ölçüm sistemi Şekil 2'de şematik olarak gösterilmektedir. Sistem paslanmaz çelik bir prob, paslanmaz çelik veya teflondan yapılmış ısıtılmış örnek hattı, üç yönlü valf, bir fitre ve Alev İyonizasyon Analizi (FIA) cihazından oluşmaktadır. Ölçüm esnasında bütün elemanların yoğunlaşmayı önlemek için ısıtılması (120°C) gerekmektedir.

VOC'lerin ayrıştığı kaynaktan alınan gaz örneği, ısıtılmış örnek hattı ve filtre sistemini takip ederek alev iyonizasyon cihazına gelir. Sonuçlar, kalibrasyon gazının konsantrasyon eşdeğeri veya karbon eşdeğeri olarak belirlenir.

Kalibrasyon valfi ile öncelikle sisteme yüksek saflıkta ve daha sonra orta düzeyli (kabul edilebilir ölçüm konsantrasyonunun % 45-55'ine eşdeğer konsantrasyonda) bir kalibrasyon gazı gönderilerek kalibrasyon sağlanır. Kalibrasyon için hava içerisinde veya nitrojen içinde propan gazı kullanılabilir. Propan dışında alternatif olarak kullanılan organik bileşik için bir düzeltme faktörü kullanılmalıdır.

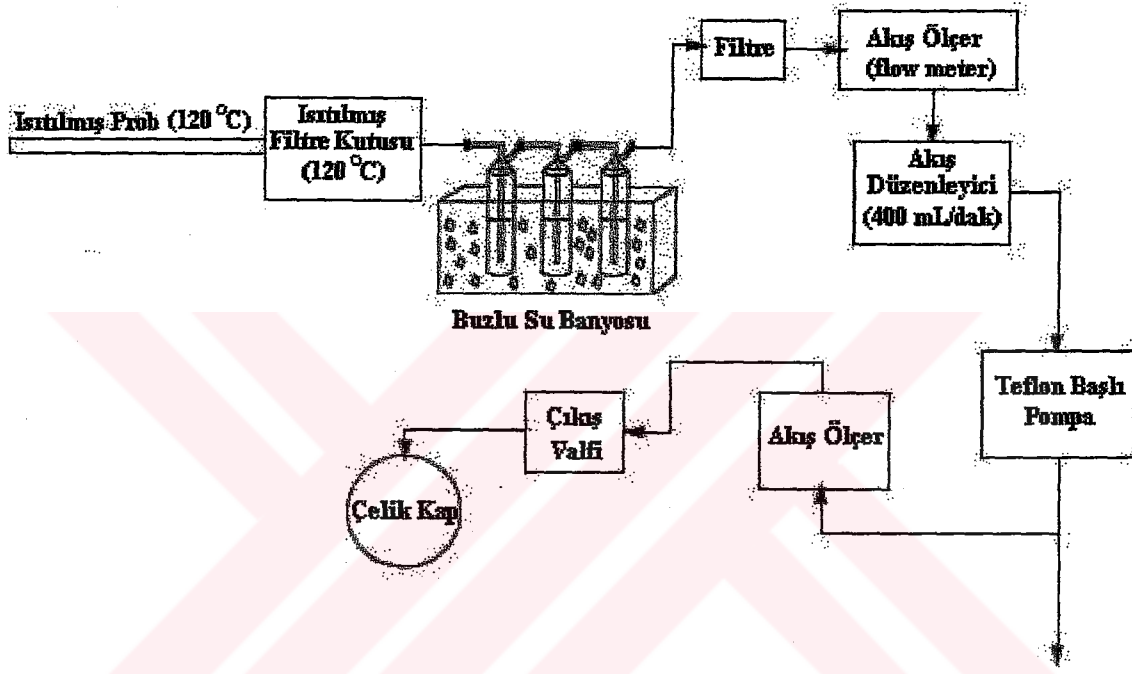


Şekil 2. Organik konsantrasyon ölçüm sistemi

1.5.3.2. NCASI (National Council for Air and Stream Improvement) IM/CAN/WP-99.01 – Impinger/Canister Örnekleme Yöntemi

1997'de Birleşik Devletler Ulusal Hava ve Akarsu Geliştirme Konseyi, odun kökenli ürünlerin üretiminde ayrılan VOC'ler ve tehlikeli hava kirletici maddeleri karakterize etmek amacıyla, "Odun Ürünleri Ulaşılabilir Maksimum Kontrol Teknolojisi" olarak adlandırılan bir çalışma başlatmıştır. Bu çalışmanın temel amacı; 1990'da imzalanan Temiz Hava Anlaşması gereği endüstrinin uygulayabileceği ve EPA tarafından hazırlanacak olan standartlarda değerlendirilebilecek emisyon verilerinin sağlanmasıdır [104, 105] Kontrplak, LVL, liflevha, yongalevha ve OSB üreten pek çok fabrikanın ele alındığı bu çalışma için bir gaz örnekleme yöntemi geliştirilmiştir.

Bu yöntem, su içerisindeki impingerleri (gaz yoğunlaştırıcı) takiben paslanmaz çelik bir kap içerisinde gaz örneklerinin biriktirilmesini içermektedir. Suda çözünen bileşiklerin büyük bir kısmı impingerler içerisinde, sudaki çözünürlükleri orta düzeyde olan bileşikler impinger ve çelik kap arasındaki aşamalarda ayrılmakta ve suda çözünmeyen maddeler ise çelik kap içerisinde toplanmaktadır. Şekil 3’de bu yöntem şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3. Yoğunlaştırıcı ile kombine edilmiş gaz toplama düzeneği

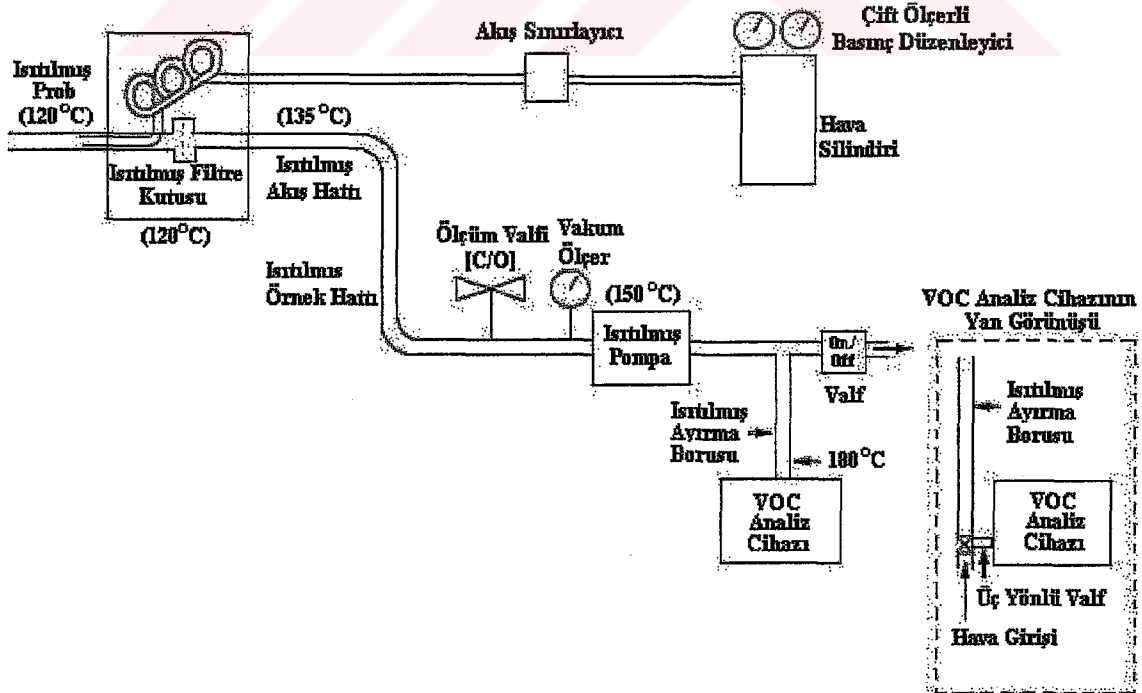
Bu sistemde; ısıtılmış bir prob bir ucundan emisyon kaynağına, diğer ucundan ise 120 °C'ye kadar ısıtılmış bir filtre kutusunu bağlanmıştır. Bu kutuyu, örnekleme başlangıcında her biri 25 ml. soğutulmuş su içeren üç adet impinger'den oluşmuş buzlu su banyosu takip etmektedir. Birinci impinger gaz/sıvı temasını artırmak için gövdesinin uç kısmında bir "frit" içermektedir. Impinger'lerden sonra bir filtre ve akış ölçer yer almaktadır. Teflon başlı bir pompa ve akış düzenleyici ile impinger'lerden 400 mm/dak. lık düzenli bir gaz akışı sağlanmaktadır. Pompadaki gazın bir kısmı impinger'lerde tutulamayan gazların analizi için paslanmaz çelik kaba yönlendirilir. Impinger'lerden alınan su, alev iyonizasyon dedektörü (FID) ile donatılmış bir gaz kromatografisi (GC) ile analiz edilir. Kromatografik pikler stok çözeltiden günlük hazırlanmış, ayrıca bir standart ile direkt mukayese edilerek uçucu bileşiklerin miktarları belirlenmiş olur. Impinger'lerdeki formaldehit miktarı ise asetil aseton yöntemi ile belirlenir.

Çelik kap içerisindeki gazlar; “kriyojenik” ön yoğunlaştırıcıyı takip eden kütle seçici dedektör (MS) ile donatılmış gaz kromatografisi ile analiz edilir. Çelik kap içerisindeki terpenlerin analizi için ise; alınan ikinci bir örnekte de yine GC/FID sistemi kullanılır. İki analizdeki bileşiklerin her birinin retensiyon zamanları, aynı bileşiklerin bilinen standartları ile karşılaştırılır. Analiz sonuçları, standart çözeltilerden elde edilen kalibrasyon eğrisine göre belirlenir.

1.5.3.3. Modifiye Edilmiş EPA 25A Yöntemi

NCASI tarafından yürütülen çalışmalarda kullanılmakta ikinci bir gaz örneği toplama yöntemi ise; EPA 25A Metodu'nun modifiye edilmiş şeklidir.

Bu yöntemde, ısıtılmış bir prob vasıtası ile sürekli toplanan gaz örnekleri filtre kutusundan geçirildikten sonra, 120-150 °C sıcaklıklar arasında tutulan örnek hattı, kaynak pompa ve dağıtım borusunu takip ederek analiz makinesine iletilir. Toplam hidrokarbonların ve VOC'lerin emisyonu, FID ile kombine edilmiş hidrokarbon analiz cihazı (THA) ile belirlenmektedir. Bu yöntemde göre örnek gaz toplama akış diyagramı Şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 4. Modifiye Edilmiş EPA 25A Metoduna Göre Gaz Toplama Düzenliği Şeması

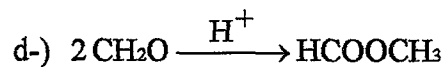
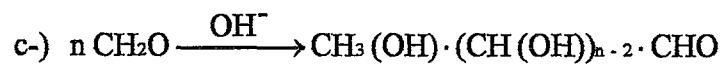
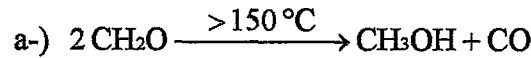
1.6. Formaldehit Emisyonu

Formaldehit; metan, metanol ve formik asit ile yakından ilişkili, en basit aldehittir. Oda sıcaklığında havadan bir miktar daha yoğun, renksiz bir gazdır. Pek çok madde ile kolayca reaksiyona girebilmesi, ucuz oluşu ve üretiminin kolaylığı nedeniyle günümüzün en önemli endüstriyel bileşiklerinden biridir. Yapılan bir çalışmada formaldehitin 176 farklı uygulaması olduğu belirtilmiştir [8].

Formaldehit kökenli ürünlerin en önemlileri; izolasyon köpükleri ve tekstil ürünleri yanında özellikle tutkal üretiminde kullanılan aminoplast ve fenoplastlardır. 1930'larda geliştirilen ve kısa sürede odun tutkalları pazarında önemli bir yere sahip olan aminoplastlar; formaldehitin –amido ve –amino grubu içeren bileşiklerle kondenzasyonu sonucu oluşan ürünlerdir [8].

Formaldehit esaslı reçineler; ucuz oluşları kullanım teknolojilerinin kolaylığı ve mükemmel performansları nedeniyle odun kökenli levha endüstrisinde önemli ölçüde kullanılmaktadır. Bununla birlikte stabilitesinin düşük olması nedeniyle, özellikle ÜF reçineleri ile üretilen levhalarda, üretim esnasında ve sonrasında çevre ve sağlık açısından problem olan formaldehit ayrışmasına neden olmakta ve bu işlem yıllarca sürebilmektedir.

Formaldehit stabilitesi düşük bir madde olup 150 °C üzerindeki sıcaklık derecelerinde metanol ve karbonmonoksit'e dönüşebilmektedir. Alkali ve asit katalizörlü reaksiyonları ile de metanol ve formik asit vermektedir. Cannizzaro reaksiyonu olarak bilinen bu reaksiyon oksidasyon ve biyobozunma dışında formaldehitin doğal çevrede bozunmasında belkide en önemli yoldur. Aşağıda formaldehitin tipik bazı reaksiyonları verilmektedir :



Burada;

- a : Termal Bozunma b : Cannizaro Reaksiyonu
c: Aldol Reaksiyonu d : Tischenko Reaksiyonu'dur.

Formaldehit, ayrışma miktarına bağlı olarak insanlarda göz yaşarması, solunum sisteminde mukoza tahrişleri ve alerjik deri rahatsızlıklarına yol açmaktadır. Kişisel hassasiyete bağlı olarak insanlar düşük konsantrasyonlarda dahi formaldehiti tespit edebilmektedir. Formaldehitin kanserojen etkisi pek çok araştırmaya konu olmuş ve farelerle yapılan bir araştırmada sadece yüksek dozlarda (14.3 ppm) ve istatistiksel olarak önemsiz bir düzeyde burun boşluğu kanseri tespit edilmiştir. Bununla birlikte Avrupa Birliği (EC) ve EPA formaldehiti insanlar için kanserojen riskli maddeler sınıfına dahil etmiştir [8].

Formaldehit emisyonuna maruz kalma sonucu insan sağlığının etkilenmesi ile ilgili kaygılar, bu ürünlerin üretiminde yeni bağlayıcıların kullanımı ve formaldehit emisyonu potansiyelini azaltma sistemine yönelik araştırmaları artırmıştır. Yapılan üretim kontrolleri 1980-1982 yılları arasında formaldehit emisyon düzeyinin önemli ölçüde azalmasını sağlamış ve standart test metotlarının geliştirilmesine yol açmıştır [106].

Bir çok ülkede, hazırlanan resmi ve bilimsel raporlarla odun işleyen endüstrilerde; iş, çevre ve sağlık açısından sürekli yenilenen uyulması zorunlu düzenlemeler yapılmaktadır. Avrupa standartları yanında, bazı ülkelerde yeni gelişmelere göre sağlık örgütleri tarafından yayınlanmış kararnamelere de uymak zorunluluğu vardır. Örneğin; Almanya da 1977 yılında sağlık idaresi tarafından havadaki (kapalı ortamlarda) formaldehit konsantrasyonunun en fazla 0,1 ppm olarak tavsiye edilmiş ve bir süre sonra bu değer, Avrupa topluluğu ülkeleri ve ABD tarafından benimsenmiştir. Almanya'da 1986'da yayınlanan "Tehlikeli maddeler kararnamesinde" yonga levha yanında kontrplak, kontrtabla, kaplanmış yonga levha ve MDF'nin deney odasındaki formaldehit denge konsantrasyonunun 0,1 ppm'i aşması halinde bunların ticaretine izin verilemeyeceği belirtilmektedir [80].

1.6.1. Kontrplaklarda Formaldehit Emisyonu Üzerine Etkili olan Faktörler

Kontrplaklarda, kullanılan odun türü ve tomruk ön hazırlık işlemleri (buharlama - ısıtma), tutkal tipi ve miktarı, tutkal sertleştirici ve ilave maddelerin tür ve miktarı ile kaplama kurutma ve presleme şartları gibi üretim faktörlerine bağlı olarak, açığa çıkan formaldehit miktarı değişmektedir [2].

Aynı üretim şartlarında, farklı odun türlerinden elde edilen kaplamalardan üretilmiş kontrplakların formaldehit emisyonu miktarları farklı bulunmaktadır. Burada odundaki asetil grubu miktarı formaldehit emisyonu üzerine etkili olmaktadır. Özellikle sıcak presleme esnasında odundan ayrılan asetil gruplarının oranının artmasıyla formaldehit emisyonu azalmaktadır. Yapılan bir araştırmada çam kontrplakların formaldehit emisyonu kayın kontrplaklarınkinden yüksek bulunmuştur [107].

Kontrplakların üretim sonrası bekleme-depolama süresinin uzamasıyla formaldehit emisyonu azalma göstermektedir [80].

ÜF reçinelerinde Ü/F mol oranının odun levhalarından formaldehit ayrışması üzerine etkileri çeşitli araştırmalarda incelenmiş ve formaldehit mol oranı ile formaldehit çıkış arasında lineer bir ilişki olduğu gözlenmiştir. ÜF reçinesinde formaldehit mol oranının azalmasıyla formaldehit emisyonu önemli oranda azalma göstermektedir.

Pres sıcaklığının 120 °C'den 140 °C'ye çıkarılması durumunda kayın, kavak ve okume kontrplaklarda; WKI, perferatör ve desikatör yöntemleriyle belirlenen formaldehit emisyon değerlerinde % 30 ile % 50 oranlarında azalma meydana geldiği gözlenmiştir [80]. Aynı araştırmada pres süresinin uzamasıyla formaldehit emisyonunda az da olsa düşme belirlenmiştir.

ÜF tutkalı kullanılarak üretilen levhalardan formaldehit ayrışmasının azaltılabilmesi için literatürde formaldehit tutucularla ilgili olarak bir çok patentten bahsedilmektedir. Formaldehit tutucu maddelerin en önemli özellikleri presleme sırasında veya daha sonra ortaya çıkan serbest durumdaki formaldehit ile reaksiyona girmeleridir. Ancak bir kısım formaldehit tutucular; levhaların, özellikle yonga levha olmak üzere, bir

kısım teknolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Çeşitli araştırma ve patentlerde formaldehit tutucu olarak; melamin, üre, resorsin, sepi maddeleri ve türevleri, sodyum tiyosülfat, sodyum sülfid, sodyum ditiyonit, elementer kükürt ve polivinil alkol den söz edilmektedir [8]. Yapılan bir araştırmada; kızılçam kabuğunun un haline getirilmesinden sonra ÜF tutkalına dolgu maddesi olarak katılması durumunda üretilen kontrplaklarda formaldehit emisyonu miktarında azalma meydana geldiği belirlenmiştir [108].

Kontrplaklarda kaplama kalınlığının artması ve tabaka sayısının azalması ayrışan formaldehit miktarını düşürmektedir. Bunun yanında, albümince zengin tutkal katkı maddelerinin formaldehit tutma etkisi, albümin oranı düşük katkı maddelerine göre daha fazla bulunmaktadır [80].

1.6.2. Kontrplak Formaldehit Emisyonu Belirleme Yöntemleri

Preslenmiş odun levhalarının formaldehit emisyonu belirleme yöntemleri üzerine çalışmalar 1970'li yıllarda başlamış ve bir çok metot geliştirilmiştir. Kontrplak formaldehit emisyonu belirleme için uygun yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

1.6.2.1. Gaz Analizi Yöntemleri

EN 717-2'de [109] açıklanan bu metot kaplanmış yada kaplanmamış kontrplak, yonga levha ve MDF' nin formaldehit emisyonlarını belirlemede kullanılabilir. Bu yöntemde sabit hız ve sıcaklıktaki hava; içerisinde boyutları 400 x 50 x kalınlık (mm) olan ve kenarları kapatılmış deney örneğinin bulunduğu bir reaksiyon borusuna gönderilmektedir. 60 °C sıcaklıkta ve 4 litre hacmindeki reaksiyon borusuna taşıyıcı gaz olarak gönderilen kuru hava (bağıl nem %1 - 2) burada, deney örneğinden ayrışan formaldehitte zenginleşir ve hava boşaltma vanası üzerinden bir yıkama şişesi grubuna gider. Bir yıkama şişesi grubunda 2 adet 100 ml lik şişe bulunmaktadır. Her bir şişede absorpsiyon çözeltilisi olarak 30 ml destile su bulunur. Taşıyıcı gaz (hava) reaksiyon borusuna girmeden önce temizlenir ve bir kimyasal kurutucuya nakledilir. Hava hızı 60 litre/saat'e ayarlanmaktadır. Formaldehitli hava her 60 dakikada bir otomatik olarak yıkama şişesi grubuna gönderilmekte ve 4 saat sonunda deney sona erdirilmektedir.

Yıkama şişelerinde toplanılan formaldehit miktarı asetil aseton metodu ile fotometrik olarak belirlenmektedir.

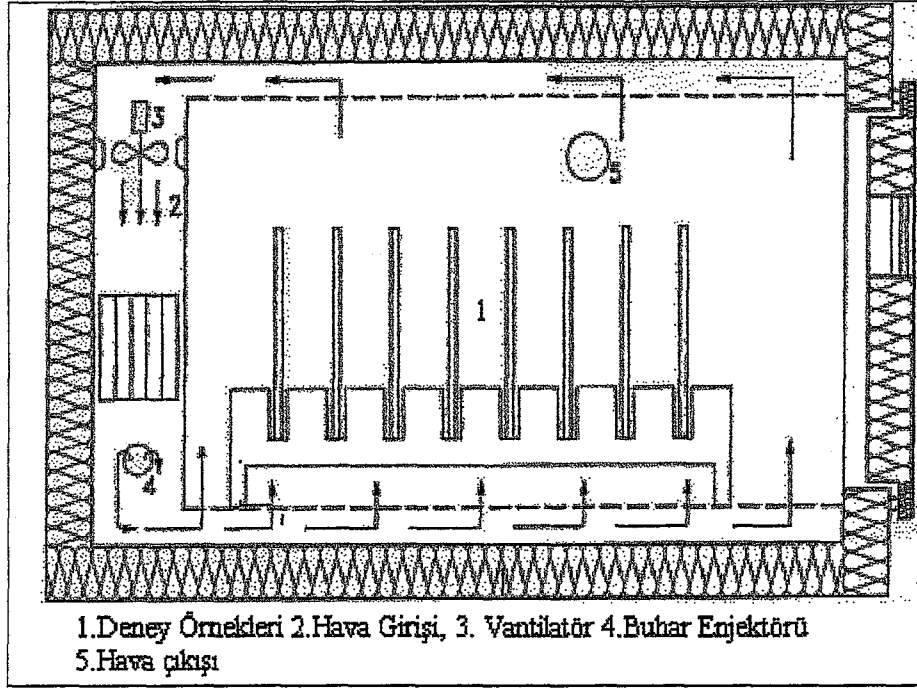
Kaplanmamış kontrplak ve kontrtablalar için gaz analizi metoduyla ölçülmüş formaldehit emisyonu değerinin; levhanın üretiminden hemen sonra yapılacak ölçümlerde (üretimden sonra maksimum 3 gün) en fazla 6 mg HCHO/h m², üretiminden 4 hafta sonra ise en fazla 3,5 mg HCHO/h m² olabileceği ifade edilmektedir. Kaplanmış kontrplaklar için ise, kaplanmış yonga levha ve MDF için de geçerli olan, formaldehit emisyonu değeri en fazla 3,5 mg HCHO/h m² dir. Formaldehit emisyonu bu sınır değerleri aşmayan levhalar E1 sınıfında yer almaktadır.

1.6.2.2. Deney Odası (Geniş Kabin) Yöntemi

EN 717-1'de [110] açıklanan bu yönteme göre, büyük boyutlardaki kaplanmış yada kaplanmamış yonga levha, kontrplak, MDF, kontrtabla ve mamul mobilyalardaki formaldehit emisyonu ölçülebilmektedir. Büyük boyutlu yada kullanıma hazır malzemelerin emisyon değerleri ölçülebildiği için, diğer yöntemler ile kıyaslandığında, pratik değerlere daha yakın sonuçlar vermesi yöntemin en önemli faydasıdır. Bu nedenle referans test metodu olarak kabul edilmiştir.

Formaldehit emisyonu ölçmek için ilk deney odası 1976 yılında Braunschweig-Almanya de Wilhelm Klauditz Enstitüsünde yapılmıştır. İç hacmi 40 m³ olan deney odasında, hava sıcaklığı 23 ± 1 °C, bağıl nemi % 45 ± 3 ve hızı 0,3 ± 0,1 m/s olarak ayarlanmaktadır. Deney odalarından alınan gaz (hava + formaldehit) karışımı formaldehit miktarı uygun analiz yöntemleriyle (asetil aseton) belirlenmektedir.

Kaplanmış yada kaplanmamış kontrplak, yonga levha, MDF ve kontrtabla için bu yöntemle belirlenen formaldehit emisyonu değeri 0,1 ppm den fazla olmamalıdır.



Şekil 5. Formaldehit emisyonu belirleme için kullanılan deney odası

ASTM E 1333-90 [111] standardında tarif edilen geniş kabin yada deney odası yöntemi ABD Şehir ve Bölge Planlama Teşkilatı tarafından kabul edilen bir resmi referans test yöntemi olup, ÜF ile yapıştırılmış odun ürünlerinden ayrılan formaldehitin belirlenmesinde Kuzey Amerika sertifika kuruluşları tarafından kullanılan bir yöntemdir. Bu ülkede 1980'li yılların başında endüstriyel uygulamalar için geliştirilmiştir. Deney örnekleri, deney odasına yerleştirilmeden önce bağıl nemi % 50, sıcaklığı 24 °C olan ve 0,1 ppm den daha az formaldehit konsantrasyonu bulunan bir ortamda 7 gün süre ile kondisyonlanır. Odanın doluluk oranı, odun levhalarının toplam yüzey alanının oda hacmine bölünmesiyle hesaplanır. Deney örneklerinin yerleştirilmesinden itibaren 16 saat süre ile kabin içerisindeki ortamın dengelenmesi sağlanır. Bu süre sonunda formaldehitli hava örnekleri destile su içerisine alınmaya başlanır. Deney örneklerinden ayrılan ve hava ile taşınıp su içerisine gönderilen formaldehit miktarı; kromotrofik asit yöntemi ile ppm olarak belirlenir. Kabinler % 50 bağıl nem, 25 °C sıcaklık şartlarında ve kabin hacminin yarısı kadar havayı 1 saatte değiştirecek şekilde çalıştırılmalıdır.

1.6.2.3. Desikatör Yöntemleri

İki ve 24 saatlik desikatör testi ve onun modifiye edilmiş yöntemleri ABD, Japonya ve Avustralya'da odun esaslı levhalardan formaldehit emisyonu ölçümleri için kullanılmaktadır. Japon (JAS ve JIS A 5908) [112] ve Amerikan FTM-1 standartlarında [113] (Formaldehyde Testing Method) yonga levha ve kontrplaklar için desikatör yardımıyla formaldehit ayrışmasının belirlenmesi yöntemleri açıklanmıştır. Japon standartlarında her bir deney levhasından 150 x 50 mm, Amerikan standardında ise 70 x 127 mm boyutlarında ve levha kalınlığına göre değişen sayıda deney örneği hazırlanmaktadır. Japon standardında 120 mm çapında, 60 mm yükseklikte 300 ml destile suyla dolu bir kristalizuar kabı, deney örneklerinin de bulunduğu 9 - 11 litrelik (çap 240 mm) desikatöre yerleştirilir. Desikatör 20 °C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra, kristalizuar içerisindeki su örnek çözelti olarak alınır ve asetil aseton metoduyla formaldehit miktarı belirlenir.

Amerikan desikatör yönteminde; yonga levha deney örnekleri 24 saat, kontrplak deney örnekleri ise 7 gün 24 °C sıcaklık ve % 50 bağıl nem şartlarında bekletildikten sonra 10,5 litrelik desikatör içerisine yerleştirilmekte ve deney süresi 2 yada 24 saat olarak ayarlanmaktadır. Kontrplak deney örneklerinin dar kenarları uygun bir malzemeyle örneğin vaks ile kaplanmalıdır. Desikatör içerisine absorpsiyon çözeltisi olarak konulan destile suyun miktarı; deneyin iki saat olması durumunda, 100 ml 'lik petri kabı içinde 25 ml, 24 saat sürmesi halinde 400 ml lik beher içinde 300 ml, olmalıdır. Absorpsiyon çözeltisindeki formaldehit kromotrofik asit yöntemiyle $\mu\text{g HCHO/ml}$ olarak belirlenir.

1.6.2.4. Küçük Hacimli Kabin Yöntemi (Small Chamber)

Avrupa da iç hacimleri 1 m³ e kadar olan farklı boyutlarda kabin metotları geliştirilerek kullanılmıştır. Bu metot, öncelikle İsveç de standart haline getirilmiş (SS 270236) ve resmi referans metot olarak kabul edilmiştir. Daha sonra Avrupa standartlarında (EN 717-1) yer almıştır.

Kabin (1 m³) içindeki sıcaklık sabit olup 23 °C dir. Bağıl nem deneyin hava değiştirmeli olması halinde % 45 - 50 olarak belirlenmektedir. Formaldehit emisyon

ölçümü, denge konsantrasyonu oluşuncaya kadar, fasıllı yada fasılasız olarak yapılmaktadır. Doluluk oranının $1\text{m}^2/\text{m}^3$ olması için dar kenarlar hesaplanmadan 50 x 50 cm boyutlarında iki adet deney örneğinin alınması yeterli olmaktadır. Bu yöntemde de kabin içindeki hava; içerisinde absorpsiyon çözeltisi bulunan gaz yıkama şişesine gönderilmektedir. Absorbe edilen formaldehit miktarı fotometrik veya kromotrofik yöntemler yardımıyla hesaplanır. E1 sınıfı için maksimum değer 0,1 ppm olmalıdır.

ABD de $0,04 - 0,7 \text{ m}^3$ hacmindeki kabinler kullanılmakta ve çalışma prensipleri deney odası yöntemi ile aynı bulunmaktadır.

Bunların dışında şişe metodu da (TS EN 717-3) kaplanmamış odun levhaları yanında, duvar kağıtları ve tekstil gibi ürünlerin formaldehit emisyonlarının belirlenmesinde kullanılabilir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Deneme Materyali

Bu çalışmada; ağaç ve tutkal türü ile emprenye maddesi türü ve uygulama şeklinin kontrplakların kullanım yerinde oluşan formaldehit ve uçucu asit emisyonu ile teknolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

2.1.1. Ağaç Malzeme

Kontrplak üretiminde kullanılacak tomrukların düzgün, silindirik formda, dolgun gövdeli, budaksız ve özellikle çatlaksız olmaları gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmada bu özelliklere sahip Kayın (*Fagus orientalis*) ve Kızılağaç (*Alnus glutinosa subsp. barbata*) tomrukları kullanılmıştır. Üretimde, özellikle kimyasal özellikler açısından tüm levhalar arasında homojenlik sağlanması amacıyla, her bir tür için tek bir ağaçtan elde edilen kaplamalar kullanılmıştır. Bu maksatla, 44 cm çapındaki bir kayından elde edilen 55 cm boyunda 9 adet tomruk ve 35 cm çapındaki bir kızılğaçtan elde edilen 55-60 cm boyunda 12 adet tomruk değerlendirilmiştir. Kayın tomruklar Gürcistan-Türkiye sınır bölgesinden, kızılğaç tomruklar ise Sarp bölgesinden temin edilmiştir.

2.1.2. Tutkal

Deneme kontrplaklarının üretiminde ÜF ve FF tutkalları kullanılmıştır. Ü/F mol oranının; uçucu asit emisyonu, formaldehit emisyonu ve kontrplakların diğer özelliklerine etkisinin incelenebilmesi için mol oranı 1/1.74 ve 1/1.32 olan iki ayrı tipte ÜF tutkalı ve % 47'lik FF tutkalı Politrade Kimya Ticaret A.Ş.'den temin edilmiş olup, üretici firmadan sağlanan tutkal özellikleri Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Üre-formaldehit tutkalının teknik özellikleri

Özellikler	Ü/F = 1/1.74	Ü/F = 1/1.34
Katı Madde (%)	55±1	65±1
Yoğunluk (20°C) (gr/cm ³)	1.220-1.240	1.270-1.285
Viskozite (20°C) (cps)	150-250	350-800
Akma Zamanı (20°C) (sn)	25-50	60-100
pH (25°C)	7.5-8.5	7.5-8.5
Jelleşme Zamanı (100°C)	25-35	40-50
Depolama Süresi (20°C) (Gün)	90	60

Tablo 4. Fenol Formaldehit tutkalının teknik özellikleri

Özellik	Değer
Katı Madde Miktarı (%)	47±1
Su Toleransı	Sonsuz
Viskozite (25°C) (cps)	300-600
pH (25°C)	12.2-12.7
Yoğunluk (gr/cm ³)	1.180-1.215

2.1.3. Emprenye Maddesi

Bu çalışmada emprenye maddesi olarak; yanmayı geciktirici kimyasallardan borlu bileşikler (Boraks Dekahidrat ve Borik Asit) ve formaldehit tutucu olarak amonyum asetat kullanılmıştır. Borlu bileşikler Etibor A.Ş. Bandırma Bor ve Asit Fabrikaları İşletme Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Emprenye maddelerine ilişkin fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 5, 6 ve 7'de verilmiştir.

Tablo 5. Boraks Dekahidrat (Na₂B₄O₇·10H₂O)'ın teknik özellikleri

Kimyasal Özellikler		
Saflik Derecesi (min %) :	99.90	
B ₂ O ₃ (min %) :	36.47	
Na ₂ O :	16.48	
Fiziksel Özellikler		
	Kristal Halde	Toz Halde
Molekül Ağırlığı :	381.83	381.83
Özgül Ağırlık (gr/cm ³) :	1.73	1.73
Hacim Yoğunluk (gr/cm ³) :	0.812	0.750

Tablo 6. Borik Asit (H_3BO_3)'in teknik özellikleri

Kimyasal Özellikler			
	Standart	Normal Sulfat	Düşük Sulfat
Saflik Derecesi (min %) :	99.90	99.90	99.90
B_2O_3 (min %) :	56.25	56.25	56.25
SO_4 (max) :	3000 ppm	500 ppm	130 ppm
Fiziksel Özellikler			
Kristal Halde			
	Standart	Normal Sulfat	Düşük Sulfat
Molekül Ağırlığı :	61.83	61.83	61.83
Özgül Ağırlık (gr/cm^3) :	1.435	1.435	1.435
Hacim Yoğunluk (gr/cm^3) :	0.8	0.8	0.8
Toz Halde			
	Standart		
Molekül Ağırlığı	61.81		
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	1.435		
Hacim Yoğunluk (gr/cm^3)	0.7		

Tablo 7. Amonyum Asetat'ın teknik özellikleri

Kimyasal Özellikler	
Saflik Derecesi (min %) :	95
pH (% 5'lik konsantrasyonda):	6 – 7.5
Çözünürlük (g/100 mL) (+4 °C'de):	148
Erime Noktası (°C) :	114
Fiziksel Özellikler	
Molekül Ağırlığı :	77.08
Özgül Ağırlık (gr/mL) :	1.17

Borlu bileşikler yanmayı geciktirme etkisi yanında, biyotik zararlılara karşı zehirlilik etkisi gösteren, çevreye dost maddeler olup geniş rezervlerinin bulunması nedeniyle ülkemiz ekonomisi açısından da büyük öneme sahiptir.

2.2. Deneme Levhalarının Üretimi

2.2.1. Soyma Kaplamaların Elde Edilmesi

Deneme kontrplaklarının laboratuvar koşullarında üretilmesinde kullanılan kayın ve kızılğaç soyma kaplamalar; ağaçların kesiminden hemen sonra, 80 cm uzunluk ve 40 cm çapa kadar soyma yapabilen kaplama soyma makinesinde 2 mm kalınlıkta soyulmuşlardır. Odunun kimyasal özellikleri; aynı tür içinde dahi bir ağaçtan diğerine oldukça farklılıklar gösterdiğinden, üretilecek kontrplaklarının kimyasal özelliklerinde mümkün olduğunca homojenlik sağlanması amacıyla soyma kaplamalar her iki tür için de tek bir ağaçtan elde edilen tomruklardan üretilmiştir. Kayın kaplamalar 17 saatlik bir buharlama işleminden sonra (tomruk sıcaklığı yaklaşık 46°C), kızılğaç kaplamalar ise, tomruklar taze halde soyulabildiklerinden, buharlanmaksızın elde edilmişlerdir.

Soyma işlemi esnasında; yatay açıklık kaplama kalınlığının % 85'i, düşey açıklık 0.5 mm, kenar bıçakları arasındaki mesafe ise 55 cm olarak ayarlanmıştır. Ayrıca kaplamaların sıkı yüzü bir kalem yardımıyla işaretlenmiştir. Sonsuz bant halinde elde edilen levhalar daha sonra 55 cm boylara kesilmişlerdir.

2.2.2. Soyma Kaplamaların Kurutulması

Laboratuvar koşullarında üretilen 55x55 cm boyutlarındaki soyma kaplamalar endüstriyel koşullarda % 6-7 rutubete kadar kurutulmuşlardır.

2.2.3. Emprenye İşlemi

Yanmayı geciktiren kimyasallar ile muamele edilmiş kontrplaklarının üretiminde iki farklı yöntem uygulanmıştır. Bunlar:

1. Kaplamaların üretim öncesi kimyasal maddelerle emprenyesi,
2. Kimyasalın tutkala ilavesi.

Bunun için; kurutma işleminden sonra kaplamaların bir kısmı emprenye edilmek üzere ayrılmış, diğer kısmı ile emprenye maddesinin tutkala ilavesi şeklinde üretim gerçekleştirilmiştir.

2.2.3.1. Kaplamaların Yanmayı Geciktirici Kimyasallarla Emprenyesi

Kaplamaların emprenyesinde farklı yöntemler mevcut olmakla birlikte, uygulananın basit ve daha ekonomik olması nedeniyle bu çalışmada daldırma yöntemi uygulanmıştır. Bunun için 55x30x55 cm boyutlarında bir emprenye tankı hazırlanmış ve kaplamaların eşit miktarda çözelti ile temasını sağlamak için tankın iç kısmı eşit aralıklara bölünmüştür.

Her bir emprenye maddesinin (boraks, borik asit ve amonyum asetat) % 5'lik çözeltileri hazırlandıktan sonra % 8-10 rutubetteki kaplamalar bu çözeltiler içerisine 20 dakika süre ile daldırılmışlardır.

Emprenye işlemi ile sağlanan retensiyon (absorplanan net kuru madde) miktarlarının belirlenebilmesi amacıyla, kaplamalar emprenye öncesi ve sonrasında tartılmışlardır. Ağaç türüne göre belirlenen kaplamaların retensiyon oranları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Kaplamalara ait retensiyon miktarları (Kg/m³)

Emprenye Maddesi Türü	Kayın				Kızılağaç			
	X	S	Min.	Max.	X	S	Min.	Max.
Boraks	12.80	2.17	11.40	17.10	11.83	1.67	8.80	13.30
Borik Asit	13.32	2.79	10.10	18.30	12.83	1.49	10.40	14.70
Amonyum Asetat	11.67	2.72	9.60	17.70	12.57	0.99	10.40	14.30

Not: X- Aritmetik Ortalama, S- Standart Sapma

Retensiyon miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır :

$$R = \frac{G \times C}{V} \times 10 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

Burada : $G = T_2 - T_1$

T2 : Emprenye sonrası örnek ağırlığı (gr)

V : Örnek hacmi (cm³)

T1 : Emprenye öncesi örnek ağırlığı (gr)

C : Emprenye çözeltisi konsantrasyonu (%)

Kaplamalar; emprenye işleminden sonra endüstriyel koşullarda ikinci bir kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Kurutma işleminden sonra levhaların rutubeti eşit olmadığından bir iklimlendirme dolabında rutubetleri % 7 olacak şekilde bekletilmişlerdir. Levhalarda tutkallama işlemine kadar oluşabilecek rutubet değişikliklerini önlemek için; iklimlendirme dolabından her defasında 10 adet kaplama alınarak kullanılmıştır.

2.2.3.2. Kimyasal Maddelerin Tutkal Karışımına İlavesi

Koruyucu kimyasalın tutkal karışımına ilave edildiği üretim yöntemi için, bu formülasyonlara % 5 oranında emprenye maddesi ilave edilmiştir. Bu miktarın seçilme nedeni; borlu bileşiklerin 20°C de sudaki çözünürlüklerinin yaklaşık % 5 olması nedeniyle kaplamaların emprenyesi şeklindeki kullanımda bu konsantrasyonun üzerine çıkılmayacağındandır. Tutkal çözeltilerinin viskozitesini değiştirmemek için; emprenye maddeleri tutkala suda çözünmüş halde değil, süspansiyon şeklinde ilave edilmişlerdir. Ü/F mol oranı farklı iki ÜF tutkalı ile emprenye maddelerinin bu şekilde karıştırılmasında bir problemle karşılaşılmasına rağmen, FF tutkalına hiç bir emprenye maddesi karıştırılmamıştır. Çünkü emprenye maddelerinin (özellikle borik asit) bu tutkala karıştırılması esnasında karışımın jelleşme süresi çok kısalmakta, hatta kısa sürede çözelti kullanılamaz hale gelmektedir. Bu problemin çözümünde; denenebilecek yolların diğer gruplarda yer alamayacağı, dolayısıyla gruplar arasında üretim koşulları bakımından farklılıklar olacağı düşüncesiyle fenol formaldehit tutkalına emprenye maddesi ilavesi şeklindeki grupların üretiminden vazgeçilmiştir.

2.2.4. Tutkal Reçetelerinin Hazırlanması ve Tutkallama

Deneme kontrplaklarının üretiminde kullanılan tutkal reçeteleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal reçeteleri

% 55'lik ÜF Tutkalı	% 65'lik ÜF Tutkalı	% 47'lik FF Tutkalı
100 birim	100 birim	100 birim
30 birim un	30 birim un	30 birim Polifen 10 (Serleştirici)
10 birim % 15'lik NH ₄ Cl	10 birim % 15'lik NH ₄ Cl	
	20 birim su	

Tutkal reçetelerinin hazırlanmasında; üretici firmanın tavsiyeleri, araştırma amacı ve kontrplak fabrikalarının kullandığı reçeteler dikkate alınmıştır. Kaplama levhalarının tutkallanmasında 4 silindirli tutkallama makinesi kullanılmıştır. Levhanın tek yüzüne 160 gr/m² olacak şekilde sürülen tutkalın miktarı, levhanın tutkallanma önce ve sonrasında tartılması suretiyle kontrol edilmiştir. Tutkal çözeltileri, her defasında 4 kontrplak için gerekli miktarda hazırlanmış ve böylece çözeltinin viskozitesinin değişmesi önlenmiştir.

Tutkallanan levhalar lifleri birbirine dik ve kaplama açık yüzeyleri kontrplak taslağının iç yüzeyinde kalacak şekilde üst üste yerleştirilmiş ve preslemeden önce bu şekilde 5 dakikalık süre ile bekletilmişlerdir.

2.2.5. Presleme

Beş tabakalı kontrplak taslaklarının preslenmesinde laboratuvar tipi, presleme alanı 70x89 cm olan ve elektrikle ısıtılan tek katlı hidrolik bir pres kullanılmıştır. Tüm levhaların preslenmesinde pres basıncı 12 kg/cm² ve pres sıcaklığı ÜF tutkalı ile üretilen levhalar için 110°C, FF tutkalı ile üretilenler için ise 140 °C olarak uygulanmıştır. Presleme süresi ise 10 dakika olarak uygulanmıştır.

2.2.6. Presleme Sonrası İşlemler

Üretilen kontrplaklar; iç ve dış tabakalar arasındaki sıcaklık ve rutubet farklılığını gidermek amacıyla üst üste 2 hafta süre ile istiflenmişlerdir. Böylelikle kontrplakların tedrici olarak soğumaları sağlanarak biçim değişiklikleri önlenmiştir.

Çalışma kapsamındaki levha tipleri için kullanılan semboller ve temsil ettikleri test grupları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Levha tipi için kullanılan semboller ve temsil ettikleri test grupları

Levha Tipi	Temsil Ettiği Test Grubu
ÜF1K	% 55'lik üre-formaldehit ile üretilen kontrol levhaları
ÜF2K	% 65'lik üre-formaldehit ile üretilen kontrol levhaları
FFK	Fenol-formaldehit ile üretilen kontrol levhaları
2A	Boraks ilaveli % 55'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar
2B	Boraks ile emprenye edilmiş kaplamalardan % 55'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar.
2C	Boraks ilaveli % 65'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar
2D	Boraks ile emprenye edilmiş kaplamalardan % 65'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar.
2F	Boraks ile emprenye edilmiş kaplamalardan fenol-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar.
3A	Borik asit ilaveli % 55'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar
3B	Borik asit ile emprenye edilmiş kaplamalardan % 55'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar.
3C	Borik asit ilaveli % 65'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar
3D	Borik asit ile emprenye edilmiş kaplamalardan % 65'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar.
3F	Borik asit ile emprenye edilmiş kaplamalardan fenol-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar.
4A	Amonyum asetat ilaveli % 55'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar
4B	Amonyum asetat ile emprenye edilmiş kaplamalardan % 55'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar.
4C	Amonyum asetat ilaveli % 65'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar
4D	Amonyum asetat ile emprenye edilmiş kaplamalardan % 65'lik üre-formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar.

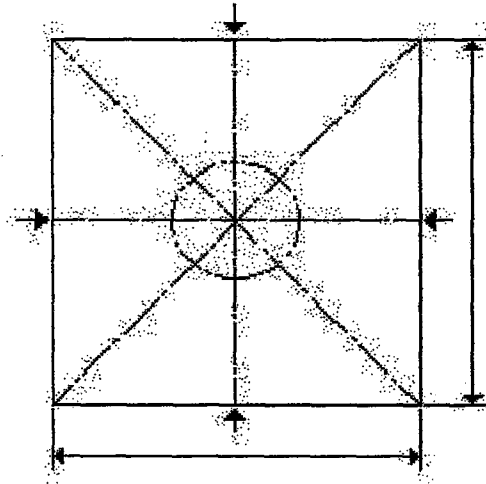
2.3. Araştırma Yöntemi

Üretilen levhaların teknolojik özelliklerinin belirlenmesinde ve emprenyeli kaplama levhalarının ve deneme levhalarının bazı kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde aşağıdaki yöntemler uygulanmıştır.

2.3.1. Fiziksel Özellikler

2.3.1.1. Yoğunluk

Pratikte; kontrplakların tam kuru yoğunluklarından ziyade hava kurusu yoğunlukları daha önemli olduğundan bu çalışmada, hava kurusu yoğunluk esas alınmıştır. Yoğunluk TS EN 323'te belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir [114]. Yoğunluk belirlemede ayrı örnek hazırlanmamış, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü denemelerinden sonra kırılan parçalardan elde edilen ve 50 x 50 x levha kalınlığı mm boyutlarında 30 adet örnek kullanılmıştır. Sıcaklığı 20 ± 2 °C ve bağıl nemi $\% 65 \pm 5$ olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşincaya kadar bekletilen örneklerin ağırlıkları analitik terazi, genişlikleri kumpas ve kalınları da mikrometre ile ± 0.01 duyarlılıkla Şekil 6'da gösterildiği gibi ölçülmüştür.



Şekil 6. Deneme levhalarının yoğunluğunu belirlemede kullanılan test örneği

Ölçüm sonuçları aşağıdaki eşitliğe göre değerlendirilerek yoğunluk değerleri belirlenmiştir :

$$\delta = \frac{m}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2)$$

Burada;

- m : Örnek ağırlığı (g)
V : Örnek hacmi (cm³)' dir.

2.3.1.2. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarının rutubet miktarları TS EN 322'de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir [115]. Bunun için ayrı örnek hazırlanmamış, eğilme ve elastikiyet modülü deneyleri tamamlandıktan sonra kırılan parçalardan yararlanılmıştır. 50x50 mm boyutlarında hazırlanan örneklerin ağırlıkları ± 0.01 g duyarlıklı analitik terazide tartılmıştır. Daha sonra kurutma fırınında 101-105 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilerek tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bunlara göre örneklerin rutubeti (r);

$$r = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (3)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

- m : Klimatize edilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)
m₀ : Tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g)' dir.

2.3.2. Mekanik Özellikler

2.3.2.1. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deney örneklerinin hazırlanması ve deneylerin yapılması DIN 52371'de belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir [116]. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyleri için aynı örneklerden faydalanılmıştır. Örnekler, uzunluk eksenini dış tabakaların lif doğrultusuna paralel olacak şekilde, 30 x Levha kalınlığı ± 0.5 mm + 50 mm uzunluğunda ve 50 mm genişliğinde hazırlanmıştır. Sonra 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl neme sahip

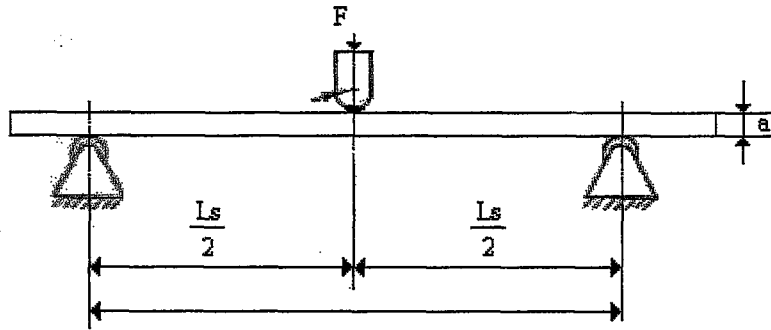
iklimlendirme odasında bekletilmişlerdir. Genişlik ve kalınlığı 0.01 mm duyarlıkla ölçülen örnekler; çapları 25 mm olan dayanaklar üzerine, kuvvet uygulama silindiri ($r=12.5\text{mm}$) örneğin tam ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Dayanak silindirleri arasındaki mesafe 30 x levha kalınlığı ± 0.5 mm, yükleme hızı ise kırılma yüküne (F_{max}) 1-2 dakikada ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Eğilme direnci deney düzeneği Şekil 7’de gösterilmiştir. Deneyler, her tip kontrplaktan alınan 27 örneğin yarısını alttan, diğer yarısına ise üstten uygulanmıştır. Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesinde en büyük yükün $1/3$ ’ üne kadar olan yükleme bölümünde altı yükleme basamağı seçilmiş ve bu basamaklarda yük (N), sehim ise test makinesinin komparatörü yardımıyla 0.01 mm duyarlıkta okunmuştur. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü hesaplamalarında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır :

$$\delta_e = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times a^2} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4)$$

$$E = \frac{F \times L^3}{4 \times \Delta_e \times b \times a^3} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (5)$$

Burada;

- δ_e : Eğilme Direnci (N/mm^2)
- E : Elastikiyet Modülü (N/mm^2)
- Δ_e : Eğilme miktarı (sehim)
- F : Deformasyonu sağlayan kuvvet (N) tir.



Şekil 7. Eğilme direnci deney düzeneği

2.3.2.3. Çekme-Makaslama Direnci

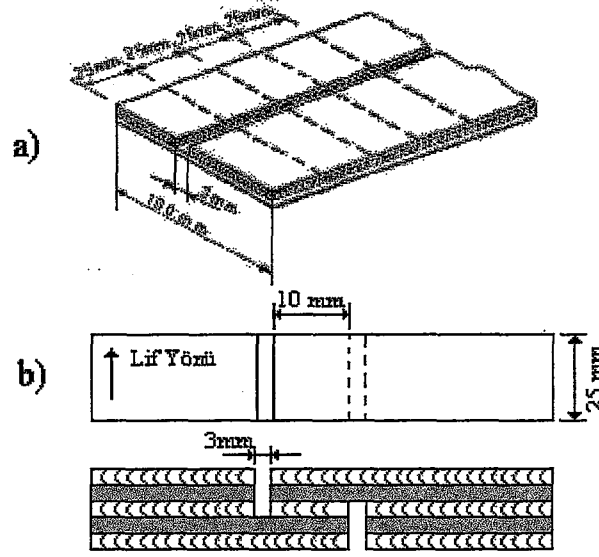
Deney örneklerinin hazırlanması ve deneylerin yürütülmesi DIN 53255'e göre gerçekleştirilmiştir [117]. Klimatize edilmiş kontrplaklardan Şekil 8'de gösterilen biçim ve boyutlarda kesilen örneklerin kusursuz olanları seçilerek iklimlendirme odasında % 65 ± 2 bağıl nem ve 20 ± 1 °C sıcaklık şartlarında deneme anına kadar bekletilmişlerdir. İklimlendirme işlemlerinden sonra örnek boyutları 0.01 mm duyarlılıkta ölçülmüştür.

Deneyler üniversal test makinesi'nde gerçekleştirilmiştir. Örnekler; her iki uçlarından 30 mm'lik kısımları kavrama çeneleri arasında kalacak şekilde düşey olarak makineye yerleştirildikten sonra, çekme kuvveti uygulanmıştır. Deney hızı her cm² tutkallanmış makaslama alanı için dakikada 100 kg. olarak ayarlanmıştır. Kopmayı gerçekleştiren kuvvet (Fmax) makinenin kadranından 1 kg. duyarlılıkla okunmuştur. Ayrıca, her kontrplak tipinden hazırlanan örneklerin yarısı soyma çatlakları açılacak şekilde, diğer yarısı ise soyma çatlakları kapanacak şekilde denenmişlerdir. Çekme-makaslama dirençlerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır :

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} = \frac{F_{max}}{l \times b} \quad (6)$$

Burada;

- σ : Çekme-Makaslama Direnci (N/mm²)
- A : Makaslama Yüzey Alanı (l x b)
- L : Makaslama Yüzey Uzunluğu (mm)
- b : Makaslama Yüzey Genişliği (mm)
- Fmax : Kopma Anında Uygulanan En Büyük Kuvvet (N)'tir.



Şekil 8a. Deneme kontrplaklarından çekme-makaslama deney örneklerinin hazırlanması, b. Çekme-Makaslama deney örneği

2.3.3. Kimyasal Özellikler

Ağaç türü, tutkal türü ve uygulanan işlemlere göre 34 gruba ayrılan kontrplaklar uygun boyutlarda yongalandıktan sonra TAPPI T m-45 standardına [118] göre Willey tipi değirmen kullanılarak öğütülmüşlerdir. Elde edilen granüle kısım 40 ve 60 mesh'lik kademeli eleklerde elenmiş, 60 mesh üzerinde kalan materyal kimyasal analizlerde kullanılmak üzere ağzı kapalı cam kavanozlara alınmıştır. Bu şekilde hazırlanan örneklerin kuru madde miktarlarını belirlemek için yaklaşık 2 g örnek hassas terazide tartılmış ve aynı standarda uygun olarak 105 ± 2 °C de kurutularak belirlenmiştir. Rutubetleri önceden belirlenmiş örnekler üzerinde aşağıdaki kimyasal analizler yapılmıştır.

2.3.3.1. pH

Rutubeti önceden belirlenen 5 g odun örneği alınıp 250 ml'lik bir erlenmayere konularak üzerine 150 ml destile su ilave edilmiştir. Erlenmayerin ağzı sıkıca kapatıldıktan sonra 24 saat süre ile çalkalanmıştır. Bu sürenin sonunda tüm örnekler ayrı ayrı filtre kağıdı kullanmak suretiyle bir vakum pompası yardımıyla süzölmüşlerdir. Süzölen

çözeltinin 20 ml'lik kısmı bir pipetle alınarak tampon kapasitesi belirlemek amacı ile ayrılmış, çözeltinin geri kalan kısmından pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir [119].

2.3.3.2. Tampon Kapasitesi

Tampon kapasitesinin belirlenmesinde pH ölçümleri esnasında ayrılmış olan 20 ml. lik çözeltiler kullanılmıştır. 0.001 N' lik NaOH çözeltisi ile pH 7 oluncaya kadar titrasyona tabi tutulmuştur. Harcanan 0.001 N'lik NaOH çözeltisi esas alınarak belirlenen tampon kapasitelerinin hesaplanmasında;

$$B = \frac{N \times T \times I}{A \times K} \times 1000 \quad (7)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Bu eşitlikte;

- B : Tampon Kapasitesi (ml/1000 g tam kuru odun örneği)
- N : Titrasyonda kullanılan NaOH çözeltisinin normalitesi (N) (0.001)
- T : pH 7 oluncaya kadar harcanan NaOH miktarı (ml)
- I : Çözeltideki su miktarı (ml)
- A : Kullanılan odun örneğinin ağırlığı (g)
- K : Titrasyon için kullanılan çözelti miktarı (ml) dir. (20 ml.)

2.3.4. Emisyonların Belirlenmesi

2.3.4.1. Formaldehit Emisyonu

Kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarı Japon JIS A 5908 Standardı esas alınarak belirlenmiştir [112]. Bütün varyasyonlara ait levhaların üretimi zaman aldığından ölçümler arasında farklılık olmaması için bütün levhalar paketlenmeden önce eşit sürelerle bekletilmişler, deney numunelerinin hazırlanma aşamasına kadar levhalar bu paketler içerisinde bekletilmişlerdir.

Japon (JIS A5908) Standardına göre, her bir deney levhasından 50x150xkalınlık (mm) boyutlarında ve levha kalınlığına bağlı olarak değişen sayıda deney

örneği, içersinde 300 ml destile su bulunan 120 mm çap ve 60 mm yüksekliğindeki bir kristalizuar kabı ile birlikte desikatöre Şekil 9'daki gibi yerleştirilmiştir. Bu şekilde 22.5 ± 2.5 °C de 24 saat bekletildikten sonra içersindeki absorpsiyon suyu alınarak formaldehit miktarı asetil aseton metodu ile fotometrik olarak (mg/L) cinsinden hesaplanmıştır. Bu standarda göre; 25 ml örnek çözeltisi 100 ml'lik erlenmayere konulduktan sonra üzerine 25 ml asetil aseton-amonyum asetat çözeltisi ilave edilerek çalkalanır ve 60-65 °C su banyosunda 10 dk. ısıtılır. Çözelti oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra formaldehit miktarı 415 nm'de fotometrik olarak absorpsiyonu ölçülerek bulunur. Aynı koşullar altında destile su ile bir kör deneme yapılır ve referans değer elde edilir.



Şekil 9. Desikatör Metodu deney düzeneği

2.3.4.2. Asit Emisyonu

Kontrplakların asit emisyonları da formaldehit emisyonlarının belirlenmesi için desikatör içersine konulan kristalizuar kabındaki destile su kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kristalizuar kabından alınan 2 µl test çözeltisi akış hızı 1µl/dak. olacak şekilde C 18 CIC ODS kolon içeren HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) cihazına verilerek 214 nm'de absorbansları ölçülmüştür. Ölçüm esnasında mobil faz olarak % 1'lik HClO₄ çözeltisi kullanılmıştır [120].

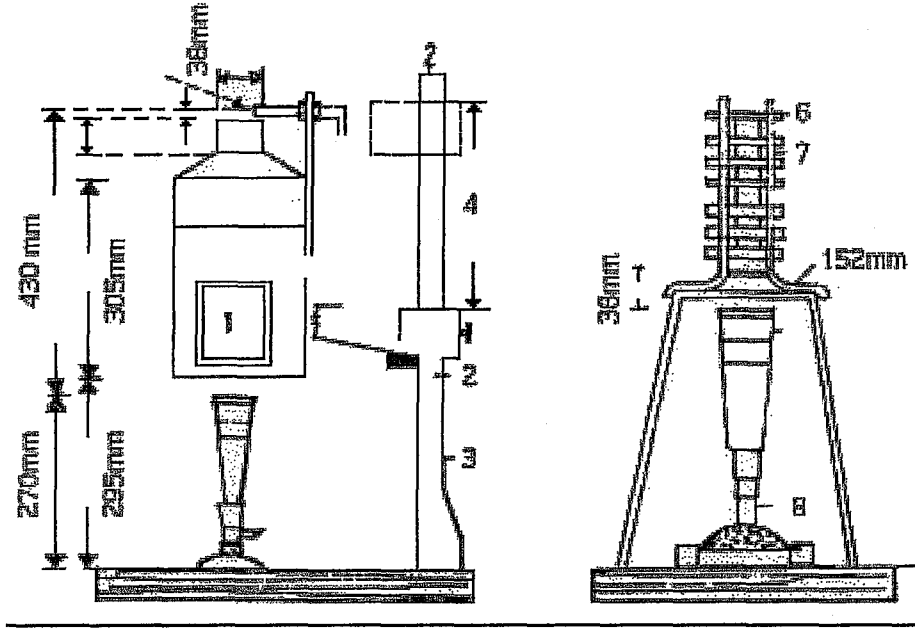
2.3.5. Yanma Deneyi

Yanma deneyleri ASTM E 160-50 (1975) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir [121]. Yanma deneyi düzeneğinde üç ayaklı ve halka şeklinde bir metal

tabla üzerinde duran çelik telden yapılmış özel bir sehpa bulunmaktadır. Bu tel sehpa altına Meker tipi bir alev kaynağı (Burner veya Bek) konulmuştur. Burner'in ağız kısmına 50.8 mm çapında delikli bir ızgara yerleştirilmiştir. Bu ızgaranın üst yüzeyi ile üst tarafta bulunan tel sehpaye istif edilmiş deney örneklerinin alt yüzeyi arasında 4 cm'lik bir açıklık bırakılmaktadır. Levhadan 76x13 mm boyutlarında hazırlanan örnekler, 18-22°C sıcaklık ve % 60-70 bağıl nem şartlarında iklimlendirilmişlerdir. Daha sonra 0.01 g duyarlılıklı analitik terazide tartılarak aralarında 2.5 cm aralık olacak şekilde ve her sıraya 2'şer adet olmak üzere tel üzerine yerleştirilmişlerdir. İkinci sıra birinciye dik açılı gelecek şekilde toplam 12 sıralık istifleme yapılmıştır. Altta bulunan Meker burneri üzerindeki 3 ayaklı ve halka şeklindeki metal tabla boş olduğu zaman mavi renkte 237-263 mm yükseklikte bir alev oluşturacak şekilde manometredeki gaz basıncı 0.5 kg/cm²'de sabit tutulmuştur. Gaz akımı ocak ucundaki ızgaranın hemen üzerinde birbiri ile birleşmeyen yaklaşık 9.3 mm yükseklikte mavi alev oluşacak ve kızıl renkteki alevi ızgaraya getirmeyecek şekilde sürekli olarak kontrol edilmiştir. Gaz yandığı zaman termokuplelerin monte edildiği baca kısmında 235-395 °C sıcaklık olacak şekilde gaz oranı ayarlanmıştır. Daha sonra alev; örnek istifinin altına ve tam merkezileştirilerek yerleştirilmiş ve deney 2 dakikalık yanma sonunda alev kaynağının söndürülmesi ile devam etmiştir. Esasında alev kaynaklı yanma süresi 3 dakika olarak uygulanması gerekirken deneme kontrplaklarının kalınlıklarının standartta belirtilenden az olması nedeniyle bu süre kontrol grupları ile yapılan ön denemeler sonucunda 2 dakika olarak modifiye edilmiştir. Alev kaynaklı, alev kaynağı olmadan kendi kendine yanma ve kor halinde yanma olmak üzere 3 yanma aşamasında sırasıyla 15 ve 30'ar saniyelik aralıklarla aşağıdaki değerler okunmuştur:

1. Süratli sıcaklık değişimine hassas sıcaklık değeri °C
2. Dengeli sıcaklık değişimine duyarlı sıcaklık değeri °C

Bu değerlerin yanı sıra; kendi kendine yanma, kor halinde yanma, yıkılma süreleri ve kül miktarları da belirlenmiştir. Yanma deney düzeneği Şekil 10'da gösterilmiştir.



1. Mika cam 2. Kızak sonu 3. Kızak Rehberi 4. Kızak 5. Potansiyometre veya Millivoltmetre girişi 6. Odun örnekleri 7. Tel kafes 8. Bek (Meker tipi)

Şekil 10. Yanma deney düzeneği

2.5. İstatistiksel Yöntem

Laboratuvar koşullarında üretilen kontrplakların, araştırılan özelliklerine ait test sonuçlarının karşılaştırılması, çoğul varyans analizi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan tutkal türlerine göre tüm varyasyonların eşit olmaması nedeniyle iki ayrı çoğul varyans analizi yapılmıştır. Bunlardan birincisi ile yalnızca emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplak grupları (I. Grup: ÜF1, ÜF2, FF, 2B, 2D, 2F, 3B, 3D, 3F, 4B, 4D) karşılaştırılarak; ağaç türü, tutkal çeşidi ve emprenye maddesi türünün etkileri araştırılmıştır. Diğerisi ise iki tip ÜF tutkalı ile üretilen tüm levha gruplarının (II. Grup: ÜF1, ÜF2, FF, 2A, 2B, 2C, 2D, 3A, 3B, 3C, 3D, 4A, 4B, 4C, 4D) karşılaştırılmasında kullanılmış ve böylelikle; ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Varyans analizleri sonucunda, etkilemenin önemli olması durumunda Student Newman-Keuls testi uygulanarak kontrplak grupları arasında homojenlik (farklılık veya eşitlik) bulunup bulunmadığı belirlenmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Fiziksel Özellikler

3.1.1. Yoğunluk

Kontrplaklara ait ortalama yoğunluk değerleri Tablo 11'de verilmiştir. Denemeler n=30 örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Tablo 11. Kontrplaklara ait ortalama yoğunluk değerleri (g/cm³)

Levha Tipi	Kayın			Kızılağaç		
	X	S	V (%)	X	S	V (%)
ÜF1	0.712	0.009	1.264	0.610	0.017	2.786
ÜF2	0.731	0.017	2.325	0.603	0.018	2.985
FF	0.711	0.028	3.938	0.653	0.015	2.297
2A	0.715	0.022	3.076	0.603	0.017	2.819
2B	0.684	0.027	3.947	0.616	0.017	2.759
2C	0.680	0.021	3.088	0.609	0.015	2.463
2D	0.715	0.026	3.636	0.618	0.014	2.265
2F	0.694	0.020	2.881	0.634	0.013	2.050
3A	0.709	0.019	2.679	0.613	0.014	2.283
3B	0.717	0.014	1.952	0.631	0.013	2.060
3C	0.746	0.026	3.485	0.601	0.020	3.327
3D	0.721	0.022	3.051	0.613	0.014	2.283
3F	0.711	0.018	2.531	0.622	0.013	2.090
4A	0.725	0.023	3.172	0.624	0.018	2.884
4B	0.685	0.016	2.335	0.607	0.012	1.976
4C	0.729	0.029	3.978	0.611	0.015	2.454
4D	0.711	0.020	2.812	0.620	0.016	2.580

Not: X- Aritmetik Ortalama, S- Standart Sapma, V- Varyasyon Katsayısı

Farklı empenye maddeleri ile empenye edilen kaplamalardan üretilen kontrplakların yoğunlukları üzerine ağaç türü, tutkal çeşidi, empenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların yoğunlukları üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I. Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	1.06	1	1.06	2818.32	***
Tutkal Türünün Etkisi B	0.00	2	0.00	10.09	***
Emprenye Mad. Etkisi C	0.01	2	0.00	16.18	***
Etkileşim AB	0.04	2	0.02	56.37	***
Etkileşim AC	0.01	2	0.00	18.96	***
Etkileşim BC	0.01	4	0.00	13.30	***
Etkileşim ABC	0.01	4	0.00	9.57	***
Hata	0.19	522	0.00		
Toplam	1.37	539			

Yapılan varyans analizine göre; ağaç türü, tutkal türü, emprenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerinin emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların yoğunlukları üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarını karşılaştırmak amacıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 14-I'de özetlenmiştir. Buna göre; ağaç türü açısından yoğunluklar arasında 0.05 yanılma olasılığı ile fark olduğu, formaldehit mol oranı düşük ÜF tutkalıyla üretilen kontrplakların yoğunlukları ile, fenol formaldehit tutkalıyla üretilenlerin yoğunlukları arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir. Formaldehit mol oranı yüksek olan ÜF tutkalıyla üretilen levhaların yoğunlukları hem FF tutkalı ile hem de mol oranı düşük olan ÜF tutkalıyla üretilen levhalarınkinden farklıdır. Yine borik asit ile emprenye edilen levhaların yoğunlukları ile kontrol grubu arasında belirgin bir fark bulunmazken, boraksla emprenyeli levhaların yoğunlukları bunlardan önemli oranda farklı bulunmuştur.

Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların yoğunlukları üzerine ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulama şekli ile bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 13' te verilmiştir.

Tablo 13. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların yoğunluğu üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	2.51	1	2.51	6554.36	***
Tutkal Türünün Etkisi B	0.00	1	0.00	15.13	***
Emprenye Mad. Etkisi C	0.00	1	0.00	2.24	B.D
Empr.Mad.Uyg. Şekli D	0.02	3	0.00	23.87	***
Etkileşim AB	0.02	1	0.02	56.90	***
Etkileşim AC	0.01	1	0.01	30.47	***
Etkileşim AD	0.03	3	0.01	28.07	***
Etkileşim BC	0.00	1	0.00	12.79	***
Etkileşim BD	0.00	3	0.00	2.88	*
Etkileşim CD	0.01	3	0.00	16.35	***
Etkileşim ABC	0.00	1	0.00	2.48	B.D.
Etkileşim ABD	0.01	3	0.00	16.08	***
Etkileşim ACD	0.00	3	0.00	5.04	**
Etkileşim BCD	0.02	3	0.00	18.67	***
Etkileşim ABCD	0.01	3	0.00	16.57	***
Hata	0.35	928	0.00		
Toplam	3.05	959			

Yapılan varyans analizine göre; ağaç türü, formaldehit mol oranı ve emprenye yönteminin kontrplakların yoğunlukları üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Emprenye maddesi türünün etkisi ile ağaç, tutkal ve emprenye maddesi türünün karşılıklı etkileri önemsiz, tutkal ve emprenye maddesi türünün karşılıklı etkileşimleri % 5, ağaç ve emprenye maddesi türü ile yönteminin karşılıklı etkileşimleri % 1 ve diğer bütün etkileşimler ise % 0.1 yanılma olasılıkları ile önemli bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması amacıyla yapılan Newman Keuls testine göre; emprenye maddesinin uygulanış yöntemine göre yoğunluklar arasında 0.05 yanılma olasılığı ile farkın olduğu belirlenmiştir. Kontrol grupları ile amonyum asetat ile emprenye edilen gruplar arasında yoğunluk bakımından belirgin bir fark bulunmazken boraks ve borik asit ile emprenye edilen levha grupları bunlardan farklıdır (Tablo 14-II).

Tablo 14. Kontrplak yoğunluğu üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları ($P < 0.05$)

	Varyans Kaynakları	N	Yoğunluk (g/cm ³)	
I	Ağaç Türü			
	Kayın	270	0.711	a
	Kızılağaç	270	0.622	b
	Tutkal Türü			
	ÜF1	180	0.662	a
	ÜF2	180	0.668	b
	FF	180	0.671	b
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	180	0.671	a
	Boraks	180	0.660	b
Borik Asit	180	0.669	a	
II	Ağaç Türü			
	Kayın	480	0.714	a
	Kızılağaç	480	0.612	b
	Ü/F Mol Oranı			
	1/1.74	480	0.661	a
	1/1.32	480	0.666	b
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	240	0.665	a
	Boraks	240	0.655	b
	Borik Asit	240	0.669	c
Amonyum Asetat	240	0.664	a	
Emprenye Yöntemi				
Kaplama Emprenye	480	0.662	a	
Tutkala İlave	480	0.664	b	

3.1.2. Rutubet

Kontrplakların denge rutubet miktarları ortalama değerleri Tablo 15'te verilmiştir. Denemeler $n=30$ örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 15. Kontrplaklara ait denge rutubet miktarı ortalama değerleri (%)

Levha Tipi	Kayın			Kızılağaç		
	X	S	V (%)	X	S	V (%)
ÜF1	10.87	0.14	1.28	9.58	0.13	1.35
ÜF2	10.14	0.18	1.77	9.22	0.13	1.40
FF	9.02	0.18	1.99	9.35	0.14	1.49
2A	10.27	0.17	1.65	9.31	0.12	1.28
2B	10.31	0.14	1.35	9.96	0.14	1.40
2C	9.88	0.25	2.53	9.64	0.26	2.69
2D	9.71	0.16	1.64	10.75	0.12	1.11
2F	9.46	0.16	1.69	8.78	0.16	1.82
3A	11.10	0.21	1.89	10.36	0.16	1.54
3B	10.29	0.14	1.36	10.90	0.14	1.28
3C	10.43	0.10	0.95	9.70	0.22	2.26
3D	10.76	0.15	1.39	9.91	0.19	1.91
3F	10.44	0.14	1.34	8.80	0.15	1.70
4A	10.29	0.10	0.97	9.64	0.20	2.07
4B	10.34	0.15	1.45	10.84	0.12	1.10
4C	10.00	0.08	0.80	9.40	0.10	1.06
4D	10.02	0.10	0.99	9.96	0.21	2.10

Farklı emprenye maddeleri ile emprenye edilen kaplamalardan üretilen deneme levhalarının denge rutubet miktarları üzerine ağaç türü, tutkal türü, emprenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 16' da verilmiştir.

Tablo 16. Emprenyeli kaplamalardan üretilen deneme levhalarının denge rutubet miktarları üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	23.47	1	23.47	952.11	***
Tutkal Türünün Etkisi B	100.89	2	50.44	2045.61	***
Emprenye Mad. Etkisi C	22.71	2	11.35	460.65	***
Etkileşim AB	4.39	2	2.19	89.01	***
Etkileşim AC	11.93	2	5.96	241.91	***
Etkileşim BC	8.23	4	2.05	83.49	***
Etkileşim ABC	81.09	4	20.27	822.08	***
Hata	12.87	522	0.02		
Toplam	265.61	539			

Yapılan varyans analizine göre; ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türü ile bunların karşılıklı etkilerinin emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların denge rutubet miktarları üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarını karşılaştırmak için yapılan Newman-Keuls testi sonuçlarına göre; kayın kontrplakların denge rutubet miktarları kızılğaç kontrplakların denge rutubet miktarlarından farklıdır. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubet miktarları, Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubet miktarlarından düşüktür. Yine emprenyeli levhaların denge rutubet miktarları kontrol gruplarının denge rutubet miktarlarından, borik asit ile emprenyeli kontrplakların denge rutubet miktarları da boraks ve amonyum asetat ile emprenyeli kontrplakların denge rutubet miktarlarından önemli oranda yüksektir. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 18-I'de özetlenmiştir.

Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye maddesi uygulama yöntemi ile üretilen levhaların denge rutubet miktarları üzerine ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulama şekli ile bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların denge rutubet miktarları üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II. Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	51.47	1	51.47	1914.01	***
Tutkal Türünün Etkisi B	29.82	1	29.82	1108.91	***
Emprenye Mad. Etkisi C	13.15	1	13.15	489.29	***
Empr. Mad. Uyg. Şekli D	35.38	3	11.79	438.63	***
Etkileşim AB	0.71	1	0.71	26.56	***
Etkileşim AC	21.53	1	21.53	800.57	***
Etkileşim AD	35.55	3	11.85	440.64	***
Etkileşim BC	0.14	1	0.14	5.25	*
Etkileşim BD	12.37	3	4.12	153.44	***
Etkileşim CD	9.68	3	3.22	119.99	***
Etkileşim ABC	1.91	1	1.91	71.05	***
Etkileşim ABD	26.70	3	8.90	33.093	***
Etkileşim ACD	8.07	3	2.69	100.06	***
Etkileşim BCD	4.23	3	1.41	52.45	***
Etkileşim ABCD	9.38	3	3.12	116.29	***
Hata	24.95	928	0.026		
Toplam	285.10	959			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların denge rutubet miktarları üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Emprenye maddesi türü ile tutkal türünün karşılıklı etkileşimleri % 5, diğer bütün karşılıklı etkileşimler ise % 0.1 yanılma olasılığı ile önemlidir. Tablo 18-II'de özetlenen Newman-Keuls testi sonuçlarına göre kayın kontrplakların denge rutubet miktarları kızılğaç kontrplakların denge rutubet miktarlarından, kaplamaların emprenye edilmesi suretiyle üretilen levhaların denge rutubet miktarları ise emprenye maddesinin tutkala ilavesi ile üretilen levhaların denge rutubet miktarlarından farklıdır. Boraksla emprenyeli kontrplakların denge rutubet miktarları ile kontrol grupları arasında, denge rutubeti bakımından, belirgin bir fark bulunmazken diğer kontrplak grupları bunlardan belirgin şekilde farklı bulunmuştur.

Tablo 18. Kontrplakların denge rutubet miktarı üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları (P< 0.05)

	Varyans Kaynakları	n	Rutubet (%)	
I	Ağaç Türü			
	Kayın	270	10.117	a
	Kızılğaç	270	9.700	b
	Tutkal Türü			
	ÜF1	180	10.325	a
	ÜF2	180	10.087	b
	FF	180	9.313	c
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	180	9.703	a
	Boraks	180	9.834	b
Borik Asit	180	10.188	c	
II	Ağaç Türü			
	Kayın	480	10.343	a
	Kızılğaç	480	9.880	b
	Ü/F Mol Oranı			
	1/1.74	480	10.288	a
	1/1.32	480	9.935	b
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	240	9.958	a
	Boraks	240	9.984	a
	Borik Asit	240	10.436	b
Amonyum Asetat	240	10.067	c	
Emprenye Yöntemi				
Kaplama Emprenye	480	10.228	a	
Tutkala İlave	480	9.994	b	

3.2. Mekanik Özellikler

3.2.1. Eğilme Direnci

Kontrplaklara ait eğilme direnci ortalama değerleri Tablo 19'da verilmiştir. Denemeler n=27 örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Tablo 19. Kontrplaklara ait eğilme direnci ortalama değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	Kayın			Kızılğaç		
	X	S	V (%)	X	S	V (%)
ÜF1	102.72	8.68	8.45	88.42	7.25	8.19
ÜF2	106.16	7.02	6.61	87.88	4.68	5.32
FF	107.97	10.12	9.37	95.63	5.94	6.21
2A	108.62	8.05	7.41	87.13	7.95	9.12
2B	107.94	8.53	7.90	89.28	10.31	11.54
2C	107.46	8.96	8.33	88.68	7.27	8.19
2D	99.66	7.12	7.14	88.22	5.53	6.26
2F	103.80	8.92	8.59	100.21	7.58	7.56
3A	107.63	6.90	6.41	84.48	5.13	6.07
3B	114.05	8.07	7.07	88.25	6.56	7.43
3C	104.27	8.33	7.98	84.72	5.89	6.95
3D	107.90	9.95	9.22	87.49	5.14	5.87
3F	118.01	8.19	6.94	93.91	8.09	8.61
4A	107.58	7.30	6.78	89.66	4.71	5.25
4B	109.48	9.48	8.65	82.57	6.45	7.81
4C	99.97	7.96	7.96	86.24	8.30	9.62
4D	108.59	8.64	7.95	91.72	5.87	6.39

Farklı empenye maddeleri ile empenye edilen kaplamalardan üretilen deneme levhalarının eğilme dirençleri üzerine ağaç türü, tutkal türü, empenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Emprenyeli kaplamalardan üretilen deneme levhalarının eğilme dirençleri üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	33268.38	1	33268.38	543.76	***
Tutkal Türünün Etkisi B	4194.78	2	2097.39	34.28	***
Emprenye Mad. Etkisi C	1282.97	2	641.49	10.48	***
Etkileşim AB	790.50	2	395.25	6.46	**
Etkileşim AC	3170.12	2	1585.06	25.90	***
Etkileşim BC	588.23	4	147.05	2.40	*
Etkileşim ABC	1194.35	4	298.58	4.88	***
Hata	28633.11	468	61.18		
Toplam	73122.49	485			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençleri üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile belirgindir. Tutkal türü ile emprenye maddesi türünün karşılıklı etkileşimleri % 5, ağaç türü ile tutkal türünün karşılıklı etkileşimleri % 1, bunun dışındaki etkileşimler ise % 0.1 yanılma olasılıkları ile önemlidir. Varyans kaynakları ortalamalarını karşılaştırmak için yapılan Newman-Keuls testine göre; kayın kontrplakların eğilme dirençleri ile kızılğaç kontrplaklarının eğilme dirençleri arasında 0.05 yanılma olasılığı ile fark vardır. Yine; farklı tutkal tipleri ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri arasındaki fark da belirgindir. Boraks ile emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençleri ile kontrol grupları arasındaki fark önemsizken, borik asit ile emprenyeli kaplamalardan üretilen levhaların eğilme dirençleri bunlardan önemli oranda farklıdır. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 22-I'de özetlenmiştir.

Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların eğilme direnci üzerine ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulama şekli ile bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların eğilme dirençleri üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	75875.92	1	75875.92	1362.70	***
Tutkal Türünün Etkisi B	214.63	1	214.63	3.85	*
Emprenye Mad. Etkisi C	295.40	1	295.40	5.30	*
Empr.Mad.Uyg. Şekli D	134.83	3	44.944	0.80	B.D.
Etkileşim AB	535.59	1	535.59	9.61	**
Etkileşim AC	25.17	1	25.17	0.45	B.D.
Etkileşim AD	1053.87	3	351.29	6.30	***
Etkileşim BC	27.90	1	27.90	0.50	B.D.
Etkileşim BD	534.77	3	178.25	3.20	*
Etkileşim CD	1057.66	3	352.55	6.33	***
Etkileşim ABC	124.15	1	124.15	2.23	B.D.
Etkileşim ABD	966.97	3	322.32	5.78	***
Etkileşim ACD	861.26	3	287.08	5.15	**
Etkileşim BCD	1593.68	3	531.22	9.54	***
Etkileşim ABCD	70.40	3	23.46	0.42	B.D.
Hata	46326.164	832	55.68		
Toplam	129698.45	863			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen kontrplakların eğilme dirençleri üzerine ağaç türünün etkisi % 0.1, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisi % 5 yanılma olasılığı ile anlamlı, emprenye maddesinin uygulanma şeklinin etkisi ise anlamsız bulunmuştur. Ağaç türü ile emprenye maddesi uygulanma şekli, emprenye maddesi türü ile uygulanma şekli, ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesinin uygulanma şekli ve tutkal türü, emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin karşılıklı etkileşimleri de % 0.1 yanılma olasılığı ile önemlidir. Ağaç türü ile tutkal türünün, ağaç türü, emprenye maddesi türü ile uygulanma şeklinin karşılıklı etkileşimleri % 1, tutkal türü ile emprenye maddesi uygulanma şeklinin karşılıklı etkileşimleri ise % 5 yanılma olasılığı ile önemli bulunmuştur. Tablo 22-II'de özetlenen Newman-Keuls testi sonuçlarına göre; kayın kontrplakların eğilme dirençleri kızılğaç kontrplakların eğilme dirençlerinden, kaplamaların emprenye edilmesi suretiyle üretilen kontrplakların eğilme dirençleri de emprenye maddesinin tutkala ilavesi ile üretilen kontrplakların eğilme dirençlerinden önemli oranda farklıdır. Formaldehit mol oranı farklı tutkallarla üretilen levhaların eğilme dirençleri arasında da 0.05 yanılma olasılığı ile fark vardır.

Tablo 22. Kontrplakların eğilme dirençleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($P < 0.05$)

	Varyans Kaynakları	n	Eğilme Direnci (N/mm^2)	
I	Ağaç Türü			
	Kayın	243	107.583	a
	Kızılağaç	243	91.036	b
	Tutkal Türü			
	ÜF1	162	98.446	a
	ÜF2	162	96.221	b
	FF	162	103.261	c
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	162	98.132	a
	Boraks	162	98.189	a
Borik Asit	162	101.607	b	
II	Ağaç Türü			
	Kayın	432	106.311	a
	Kızılağaç	432	87.568	b
	Ü/F Mol Oranı			
	1/1.74	432	97.438	a
	1/1.32	432	96.441	b
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	216	96.295	a
	Boraks	216	97.128	a
	Borik Asit	216	97.354	a
	Amonyum Asetat	216	96.981	a
	Emprenye Yöntemi			
Kaplama Emprenye	432	97.524	a	
Tutkala İlave	432	96.355	b	

3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Kontrplaklara ait elastikiyet modülü ortalama değerleri Tablo 23'te verilmiştir. Denemeler $n=27$ örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Tablo 23. Kontrplaklara ait elastikiyet modülü ortalama değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	Kayın			Kızılağaç		
	X	S	V (%)	X	S	V (%)
ÜF1	8865.71	608.83	6.86	8867.93	812.66	9.16
ÜF2	9390.35	504.62	5.37	7953.41	793.23	9.97
FF	9270.57	860.49	9.28	9287.32	750.41	8.07
2A	9376.88	618.93	6.60	8432.15	786.06	9.32
2B	9110.13	623.59	6.84	8980.11	933.68	10.39
2C	9091.35	540.05	5.94	8239.95	850.85	10.32
2D	8626.51	604.41	7.00	8637.82	753.57	8.72
2F	9015.02	760.76	8.43	9671.05	480.32	4.96
3A	9071.99	427.95	4.71	8642.71	510.67	5.90
3B	9802.43	603.01	6.15	9244.04	822.69	8.89
3C	8938.61	597.01	6.67	7655.69	1346.32	17.58
3D	9400.44	800.98	8.52	8155.62	823.20	10.09
3F	9640.53	555.96	5.76	9591.85	593.27	6.18
4A	9174.88	482.72	5.26	8953.14	598.83	6.68
4B	9246.77	680.46	7.35	7482.74	521.04	6.96
4C	8573.88	510.47	5.95	9120.10	630.50	6.91
4D	9486.20	606.46	6.39	9132.60	828.77	9.07

Farklı emprenye maddeleri ile emprenye edilen kaplamalardan üretilen deneme levhalarının elastikiyet modülü üzerine ağaç türü, tutkal türü, emprenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 24' da verilmiştir.

Tablo 24. Emprenyeli kaplamalardan üretilen deneme levhalarının elastikiyet modülü üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	11203012	1	11203012	22.66	***
Tutkal Türünün Etkisi B	42754146	2	21377073	43.24	***
Emprenye Mad. Etkisi C	12328764	2	6164382	12.47	***
Etkileşim AB	24767968	2	12383984	25.05	***
Etkileşim AC	14582488	2	7291244	14.74	***
Etkileşim BC	4190758	4	1047690	2.11	B.D.
Etkileşim ABC	8537560	4	2134390	4.31	**
Hata	2.3136E0008	468	494354.49		
Toplam	3.4972E0008	485			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülleri üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Tutkal türü ile emprenye maddesi türünün karşılıklı etkileşimleri dışındaki etkileşimler önemlidir. Varyans kaynakları ortalamalarının Newman-Keuls testi ile karşılaştırılmasında; ağaç türü ve tutkal çeşidine göre, kontrplakların elastikiyet modülleri arasında 0.05 yanılma olasılığı ile fark vardır. Boraks ile emprenye edilen kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri ile kontrol grupları arasında fark bulunmazken borik asit ile emprenye edilen kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri bunlardan önemli oranda farklıdır. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 26-I'de özetlenmiştir.

Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların denge rutubet miktarları üzerine ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulama şekli ile bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 25' te verilmiştir.

Tablo 25. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	83838878	1	83838878	165.89	***
Tutkal Türünün Etkisi B	9550009	1	9550009	18.89	***
Emprenye Mad. Etkisi C	3074027	1	3074027	6.08	*
Empr.Mad.Uyg. Şekli D	1919172	3	639724	1.26	B.D.
Etkileşim AB	3830568	1	3830568	7.58	**
Etkileşim AC	812104	1	812104	1.60	B.D.
Etkileşim AD	7330302	3	2443434	4.83	**
Etkileşim BC	2524656	1	2524656	4.99	*
Etkileşim BD	29549110	3	9849703	19.49	***
Etkileşim CD	5458123	3	5152708	10.19	***
Etkileşim ABC	814189	1	814189	1.61	B.D.
Etkileşim ABD	48195853	3	16065284	31.79	***
Etkileşim ACD	27478119	3	9159373	18.12	***
Etkileşim BCD	16324311	3	5441437	10.76	***
Etkileşim ABCD	73896	3	257965	0.510	B.D.
Hata	4.2046E0008	832	505361.04		
Toplam	6.7193E0008	863			

İC. FÜNSİYONERLER MEKATRONİK
RUMELİ YATIRIM MENKUL DEĞERLER A.Ş.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların eğilme dirençleri üzerine ağaç türü ve Ü/F mol oranının etkisi % 0.1, emprenye maddesi türünün etkisi % 5 yanılma olasılığı ile anlamlı, emprenye maddesinin uygulanma şeklinin etkisi ise anlamsız bulunmuştur. Ağaç türü ile emprenye maddesi türünün, ağaç türü, tutkal çeşidi ve emprenye maddesi türünün ve ağaç türü, tutkal türü, emprenye maddesi türü ile uygulanma şeklinin karşılıklı etkileşimleri dışındaki etkileşimler önemlidir. Tablo 26-II'de özetlenen Newman-Keuls testine göre; kayın kontrplakların elastikiyet modülü değerleri, kızılâğaç kontrplakların bu değerlerinden, kaplamaların emprenye edilmesi suretiyle üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri ise, emprenye maddesinin tutkala ilavesi ile üretilen levhaların elastikiyet modülü değerlerinden farklı bulunmuştur. Ü/F mol oranı farklı ÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri de farklıdır.

Tablo 26. Kontrplakların eğilmede elastikiyet modülüne etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları (P< 0.05)

	Varyans Kaynakları	n	Elastikiyet Modülü(N/mm ²)	
I	Ağaç Türü			
	Kayın	243	9235.09	a
	Kızılâğaç	243	8932.74	b
	Tutkal Türü			
	ÜF1	162	9145.06	a
	ÜF2	162	8693.97	b
	FF	162	9412.72	c
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	162	8939.22	a
	Boraks	162	9006.77	a
Borik Asit	162	9305.76	b	
II	Ağaç Türü			
	Kayın	432	9150.76	a
	Kızılâğaç	432	8527.75	b
	Ü/F Mol Oranı			
	1/1.74	432	8944.39	a
	1/1.32	432	8734.12	b
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	216	8769.35	a
	Boraks	216	8827.49	a
	Borik Asit	216	8863.90	a
Amonyum Asetat	216	8896.29	a	
Emprenye Yöntemi				
Kaplama Emprenye	432	8898.90	a	
Tutkala İlave	432	8779.61	b	

3.2.3. Çekme-Makaslama Direnci

Kontrplaklara ait çekme-makaslama direnci ortalama değerleri Tablo 27’de verilmiştir. Denemeler n=30 örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Tablo 27. Kontrplaklara ait çekme-makaslama direnci ortalama değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	Kayın			Kızılağaç		
	X	S	V (%)	X	S	V (%)
ÜF1	5.72	0.53	9.26	3.27	0.27	8.25
ÜF2	4.88	0.36	7.37	3.22	0.16	4.96
FF	4.52	0.32	7.07	3.68	0.31	8.42
2A	5.21	0.40	7.67	3.47	0.38	10.95
2B	4.77	0.45	9.43	3.48	0.26	7.47
2C	4.45	0.31	6.96	3.29	0.23	6.99
2D	5.08	0.49	9.64	2.36	0.47	19.91
2F	4.38	0.34	7.76	3.78	0.33	8.73
3A	5.24	0.37	7.06	3.41	0.36	10.55
3B	5.30	0.63	11.88	2.23	0.11	4.93
3C	4.98	0.40	8.03	2.66	0.24	9.02
3D	4.81	0.48	9.97	2.94	0.26	8.84
3F	4.81	0.43	8.93	3.66	0.36	9.83
4A	5.35	0.40	7.47	3.43	0.38	11.07
4B	5.32	0.57	10.71	2.77	0.31	11.19
4C	4.79	0.33	6.88	2.95	0.39	13.22
4D	4.68	0.51	10.89	3.18	0.45	14.15

Farklı empenye maddeleri ile empenye edilen kaplamalardan üretilen deneme levhalarının çekme-makaslama dirençleri üzerine ağaç türü, tutkal türü, empenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 28. Emprenyeli kaplamalardan üretilen deneme levhalarının çekme-makaslama dirençleri üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I. Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	402.24	1	402.24	2646.68	***
Tutkal Türünün Etkisi B	6.65	2	3.32	21.89	***
Emprenye Mad. Etkisi C	8.29	2	4.14	27.27	***
Etkileşim AB	51.18	2	25.59	168.39	***
Etkileşim AC	6.45	24	3.22	21.22	***
Etkileşim BC	12.78	4	3.19	21.03	***
Etkileşim ABC	31.29	522	7.82	51.48	***
Hata	79.33	539	0.15		
Toplam	598.25				

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama dirençleri üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı, bütün karşılıklı etkileşimler de önemli bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarını karşılaştırmak için yapılan Newman-Keuls testi sonucunda; kayın kontrplakların çekme-makaslama direnci ile kızılğaç kontrplaklarının çekme-makaslama direnci arasında 0.05 yanılma olasılığı ile fark olduğu belirlenmiştir. Emprenyeli kaplamalardan üretilen levhaların çekme-makaslama dirençleri de aynı yanılma olasılığı ile kontrol gruplarından farklıdır. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 30-I' de özetlenmiştir.

Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların çekme-makaslama direnci üzerine ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulama şekli ile bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların çekme-makaslama dirençleri üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	948.73	1	948.73	6103.45	***
Tutkal Türünün Etkisi B	27.43	1	27.43	176.52	***
Emprenye Mad. Etkisi C	5.00	1	5.00	32.20	***
Empr.Mad.Uyg. Şekli D	16.58	3	5.52	35.57	***
Etkileşim AB	7.05	1	7.05	45.41	***
Etkileşim AC	4.48	1	4.48	28.84	***
Etkileşim AD	9.06	3	3.02	19.44	***
Etkileşim BC	4.52	1	4.52	29.09	***
Etkileşim BD	2.07	3	0.69	4.45	**
Etkileşim CD	2.03	3	0.67	4.35	**
Etkileşim ABC	0.38	1	0.38	2.48	B.D.
Etkileşim ABD	14.07	3	4.69	30.18	***
Etkileşim ACD	2.70	3	0.90	5.79	***
Etkileşim BCD	3.77	3	1.25	8.10	***
Etkileşim ABCD	29.09	3	9.69	62.39	***
Hata	144.25	928	0.15		
Toplam	1221.30	959			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların çekme-makaslama dirençleri üzerine ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Ağaç türü, mol oranı ve emprenye maddesi türünün karşılıklı etkileşimleri dışındaki etkileşimler önemlidir. Tablo 30-II'de özetlenen Newman Keuls testine göre; kayın kontrplakların çekme-makaslama dirençleri, kızılâğaç ndan, Ü/F mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilen levhaların çekme-makaslama dirençleri ise Ü/F mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilen levhalarından belirgin olarak farklıdır. Yine emprenye maddesinin tutkala ilavesi şeklinde üretilen levhaların çekme-makaslama dirençleri de kaplamaların emprenyesi şeklinde üretilen levhalarından farklıdır. Kullanılan emprenye maddelerine göre kontrplakların çekme-makaslama dirençlerinin de farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 30. Kontrplakların çekme-makaslama dirençleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları ($P < 0.05$)

	Varyans Kaynakları	n	Çekme- Makaslama Direnci(N/mm ²)	
I	Ağaç Türü			
	Kayın	270	4.922	a
	Kızılağaç	270	3.196	b
	Tutkal Türü			
	ÜF1	180	4.133	a
	ÜF2	180	3.902	b
	FF	180	4.142	a
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	180	4.234	a
	Boraks	180	3.981	b
Borik Asit	180	3.963	b	
II	Ağaç Türü			
	Kayın	480	5.078	a
	Kızılağaç	480	3.089	b
	Ü/F Mol Oranı			
	1/1.74	480	4.252	a
	1/1.32	480	3.914	b
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	240	4.301	a
	Boraks	240	4.018	bc
	Borik Asit	240	3.952	b
Amonyum Asetat	240	4.063	c	
Emprenye Yöntemi				
Kaplama Emprenye	480	4.011	a	
Tutkala İlave	480	4.156	b	

3.3. Kimyasal Özellikler

3.3.1. pH

Çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilmiş soyma kaplama levhalarının ortalama pH değerleri Tablo 31' de verilmiştir.

Tablo 31. Farklı kimyasal maddelerle emprenye edilmiş kaplama levhalarının ortalama pH değerleri

Emprenye Maddesi Türü	Ağaç Türü			
	Kayın		Kızılağaç	
	pH	S	pH	S
Kontrol	5.40	0.01	5.28	0.00
Boraks	7.80	0.00	7.97	0.02
Borik Asit	5.83	0.00	5.59	0.01
Amonyum Asetat	5.28	0.00	5.42	0.01

Soyma kaplama levhalarının pH değerleri üzerine ağaç türü, emprenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla yapılan çoğul varyans analizi Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 32. Soyma kaplama levhalarının pH değerleri üzerine ağaç türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Ağaç Türünün Etkisi A	0.00	1	0.00	2.893	B.D
Emprenye Mad.Etkisi B	27.14	3	9.04	77548.13	***
Etkileşim AXB	0.19	3	0.06	543.845	***
Hata	0.00	16	1.16E-004		
Toplam	27.33	23			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; emprenyeli kaplamaların pH değerleri üzerine emprenye maddesinin etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunurken ağaç türünün etkisi anlamsızdır. Ağaç türü ve emprenye maddesi türünün karşılıklı etkileşimi ise önemlidir.

Deneme levhalarına ait pH ortalama değerleri Tablo 33'da verilmiştir.

Tablo 33. Deneme levhalarına ait pH ortalama değerleri

Levha Tipi	Ağaç Türü			
	Kayın		Kızılağaç	
	pH	S	pH	S
ÜF1	4.79	0.01	4.49	0.02
ÜF2	4.74	0.00	4.61	0.00
FF	7.39	0.00	7.56	0.06
2A	5.41	0.00	5.18	0.00
2B	6.85	0.01	7.03	0.00
2C	5.22	0.00	5.40	0.01
2D	6.71	0.01	7.07	0.00
2F	7.95	0.02	8.18	0.00
3A	4.84	0.02	4.53	0.02
3B	4.82	0.00	4.79	0.01
3C	4.97	0.00	4.68	0.01
3D	4.85	0.00	4.71	0.01
3F	7.53	0.01	7.38	0.00
4A	4.61	0.00	4.22	0.00
4B	4.44	0.01	4.27	0.02
4C	4.71	0.00	4.29	0.01
4D	4.42	0.02	4.28	0.00

Farklı emprenye maddeleri ile emprenye edilen kaplamalardan üretilen kontrplakların pH'ı üzerine ağaç türü, tutkal türü, emprenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 34'de verilmiştir.

Tablo 34. Emprenyeli kaplamalardan üretilen deneme levhalarının pH'ı üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	nem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	0.00	1	0.00	22.57	***
Tutkal Türünün Etkisi B	58.69	2	29.34	82118.48	***
Emprenye Mad. Etkisi C	33.12	2	16.56	46342.64	***
Etkileşim AB	0.03	2	0.01	55.275	***
Etkileşim AC	0.36	2	0.18	515.67	***
Etkileşim BC	6.81	4	1.70	4763.82	***
Etkileşim ABC	0.17	4	0.04	119.64	***
Hata	0.12	36	0.00		
Toplam	99.23	53			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların pH'ı üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Ayrıca bütün karşılıklı etkileşimler de önemlidir. Varyans Kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması için yapılan Newman-Keuls testi sonucuna göre; kayın kontrplakların pH değerleri, kızılğaç kontrplakların pH değerlerine göre farklıdır. Fenol formaldehit ile üretilen levhaların pH'ı nötr iken, ÜF tutkalları ile üretilen levhaların pH'ı asidik bulunmuştur. Yine boraks ile emprenyeli kontrplakların pH'ı nötr, borik asit ile üretilen kontrplakların pH'ı ise asidiktir. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 36- I' de özetlenmiştir.

Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların pH'ı üzerine ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulanma şekli ile bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 35' te verilmiştir.

Tablo 35. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların pH'ı üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	0.43	1	0.43	1993.37	***
Tutkal Türünün Etkisi B	0.01	1	0.01	69.71	***
Emprenye Mad. Etkisi C	3.52	1	3.52	16104.38	***
Empr.Mad.Uyg. Şekli D	42.00	3	14.00	64006.46	***
Etkileşim AB	0.06	1	0.06	314.51	***
Etkileşim AC	0.20	1	0.20	951.47	***
Etkileşim AD	0.56	3	0.18	860.29	***
Etkileşim BC	0.03	1	0.03	156.00	***
Etkileşim BD	0.02	3	0.00	30.96	***
Etkileşim CD	12.13	3	4.04	18495.90	***
Etkileşim ABC	0.00	1	0.00	31.24	***
Etkileşim ABD	0.10	3	0.03	160.76	***
Etkileşim ACD	0.08	3	0.02	129.73	***
Etkileşim BCD	0.02	3	0.00	38.34	***
Etkileşim ABCD	0.02	3	0.00	33.19	***
Hata	0.01	64	0.00		
Toplam	59.27	95			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların pH'ı üzerine ağaç türü, mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Tüm etkileşimler de önemlidir. Tablo 36-II'de özetlenen Newman-Keuls testi sonucuna göre; emprenye maddesinin tutkala ilavesi şeklinde üretilen kontrplakların pH'ı emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların pH'ına göre daha asidiktir. Kullanılan emprenye maddelerine göre levha pH'ları arasında 0.05 yanılma olasılığı ile fark vardır.

Tablo 36. Kontrplakların pH'ı üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman Keuls testi sonuçları (P < 0.05)

	Varyans Kaynakları	n	PH	
I	Ağaç Türü			
	Kayın	27	6.18	a
	Kızılağaç	27	6.20	b
	Tutkal Türü			
	ÜF1	18	5.46	a
	ÜF2	18	5.45	b
	FF	18	7.66	c
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	18	5.60	a
	Boraks	18	7.30	b
Borik Asit	18	5.68	c	
	Ağaç Türü			
	Kayın	48	5.05	a
	Kızılağaç	48	4.92	b
	Ü/F Mol Oranı			
	1/1.74	48	4.97	a
	1/1.32	48	5.00	b
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	24	4.66	a
	Boraks	24	6.11	b
	Borik Asit	24	4.77	c
	Amonyum Asetat	24	4.40	d
	Emprenye Yöntemi			
	Kaplama Emprenye	48	5.18	a
	Tutkala İlave	48	4.79	b

3.3.2. Tampon Kapasitesi

Çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilen kaplama levhalarının tampon kapasitesi ortalama değerleri Tablo 37' de verilmiştir.

Tablo 37. Çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilmiş kaplama levhalarının tampon kapasitesi ortalama değerleri

Emprenye Maddesi Türü	Ağaç Türü					
	Kayın			Kızılağaç		
	Tampon Kap.	S	V (%)	Tampon Kap.	S	V
Kontrol	10.15	0.01	0.09	7.01	0.02	0.28
Boraks	-	-	-	-	-	-
Borik Asit	8.25	0.01	0.12	10.15	0.04	0.39
Amonyum Asetat	35.76	0.02	0.05	22.07	0.04	0.18

Tüm deneme levhalarına ait tampon kapasitesi ortalama değerleri Tablo 38'te verilmiştir.

Tablo 38. Kontrplaklarının tampon kapasitesi ortalama değerleri

Levha Tipi	Ağaç Türü					
	Kayın			Kızılağaç		
	Tampon Kap.	S	V (%)	Tampon Kap.	S	V (%)
ÜF1	11.41	0.01	0.08	9.24	0.00	0.00
ÜF2	9.35	0.00	0.00	9.61	0.01	0.10
FF	-	-	-	-	-	-
2A	7.81	0.01	0.12	8.64	0.02	0.23
2B	2.66	0.01	0.37	-	-	-
2C	9.37	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00
2D	3.94	0.00	0.00	-	-	-
2F	-	-	-	-	-	-
3A	14.04	0.03	0.21	14.09	0.02	0.14
3B	16.20	0.00	0.00	23.43	0.03	0.12
3C	12.97	0.01	0.07	13.96	0.00	0.00
3D	16.63	0.00	0.00	23.87	0.01	0.04
3F	-	-	-	-	-	-
4A	32.39	0.00	0.00	27.00	0.00	0.00
4B	58.76	0.03	0.05	51.21	0.02	0.03
4C	26.46	0.00	0.00	31.84	0.00	0.00
4D	47.83	0.03	0.06	53.95	0.02	0.03

3.4. Emisyonlar

3.4.1. Formaldehit Emisyonu

Kontrplaklara ait ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 39. Kontrplaklara ait formaldehit emisyonu ortalama değerleri

Levha Tipi	Ağaç Türü			
	Kayın		Kızılağaç	
	Formaldehit Emisyonu (mg/L)	S	Formaldehit Emisyonu (mg/L)	S
ÜF1	5.46	0.03	6.89	0.06
ÜF2	3.28	0.02	5.74	0.03
FF	0.55	0.05	1.75	0.08
2A	4.35	0.03	5.42	0.02
2B	4.97	0.04	5.86	0.03
2C	2.90	0.03	4.71	0.01
2D	3.16	0.05	5.17	0.06
2F	0.35	0.02	1.39	0.03
3A	7.98	0.12	8.34	0.09
3B	6.47	0.03	7.49	0.09
3C	5.03	0.02	6.14	0.02
3D	4.92	0.10	5.94	0.01
3F	0.60	0.01	1.84	0.07
4A	2.28	0.05	3.66	0.05
4B	2.99	0.02	4.17	0.09
4C	2.45	0.02	2.69	0.02
4D	3.08	0.06	3.24	0.08

Farklı empenye maddeleri ile empenye edilen kaplamalardan üretilen deneme levhalarının formaldehit emisyonu üzerine ağaç türü, tutkal türü, empenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 40’da verilmiştir.

Tablo 40. Emprenyeli kaplamalardan üretilen deneme levhalarının formaldehit emisyonu üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	25.47	1	25.47	2077.73	***
Tutkal Türünün Etkisi B	248.32	2	124.16	10126.52	***
Emprenye Mad. Etkisi C	10.24	2	5.12	417.76	***
Etkileşim AB	1.43	2	0.71	58.54	***
Etkileşim AC	0.87	2	0.43	35.57	***
Etkileşim BC	2.72	4	0.68	55.57	***
Etkileşim ABC	1.06	4	0.26	21.79	***
Hata	0.44	36	0.01		
Toplam	290.58	53			

Yapılan varyans analizi sonuna göre; ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün emprenyeli kaplamalardan üretilen levhaların formaldehit emisyonu üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Tüm karşılıklı etkileşimler de önemlidir. Varyans kaynakları ortalamalarını karşılaştırmak amacıyla yapılan Newman-Keuls testine göre; kayın kontrplakların formaldehit emisyonları kızılğaç kontrplaklarından, fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların formaldehit emisyonları da ÜF tutkalları ile üretilen levhalardan belirgin olarak farklıdır. Formaldehit mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ile üretilen levhaların formaldehit emisyonları da önemli oranda farklıdır. Hem borik asit, hem de boraks ile emprenye edilen kaplamalardan üretilen kontrplakların formaldehit emisyonları ile kontrol grupları arasında fark bulunmuştur. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 42-I'de özetlenmiştir.

Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların formaldehit emisyonları üzerine ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulanma şekli ile bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 41'de verilmiştir.

Tablo 41. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların formaldehit emisyonları üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	38.03	1	38.03	3192.67	***
Tutkal Türünün Etkisi B	41.91	1	41.91	3517.54	***
Emprenye Mad. Etkisi C	0.21	1	0.21	17.94	***
Empr.Mad.Uyg. Şekli D	152.08	3	50.69	4254.85	***
Etkileşim AB	0.56	1	0.56	47.23	***
Etkileşim AC	0.00	1	0.00	0.72	B.D.
Etkileşim AD	0.68	3	1.89	158.94	***
Etkileşim BC	0.26	1	0.26	21.94	***
Etkileşim BD	9.07	3	3.02	253.83	***
Etkileşim CD	0.77	3	1.92	161.50	***
Etkileşim ABC	0.00	1	0.00	0.416	B.D.
Etkileşim ABD	4.20	3	1.40	117.57	***
Etkileşim ACD	0.14	3	0.04	4.05	*
Etkileşim BCD	1.37	3	0.45	38.445	***
Etkileşim ABCD	0.26	3	0.08	7.49	***
Hata	0.76	64	0.01		
Toplam	260.36	95			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların formaldehit emisyonu üzerine ağaç türü, tutkal çeşidi, emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Ağaç türü ile emprenye maddesi türünün ve ağaç türü, tutkal çeşidi ile emprenye maddesi türünün karşılıklı etkileşimleri dışındaki etkileşimler de önemlidir. Tablo 42-II'de özetlenen Newman-Keuls testi sonucuna göre; kayın kontrplakların formaldehit emisyonları kızılğaç kontrplaklarından, emprenye maddesinin tutkala ilavesi şeklinde üretilen kontrplakların formaldehit emisyonu da emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların formaldehit emisyonundan önemli ölçüde farklıdır. Formaldehit mol oranı yüksek ÜF tutkalı ile üretilen levhaların formaldehit emisyonları ile formaldehit mol oranı düşük tutkal ile üretilen levhaların emisyonu arasında fark vardır. Kullanılan emprenye maddelerine göre levhaların formaldehit emisyonları da farklılık göstermiştir.

Tablo 42. Kontrplakların formaldehit emisyonu üzerine etkiler araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($P < 0.05$)

	Varyans Kaynakları	n	Formaldehit Emisyonu (mg/L)	
I	Ağaç Türü			
	Kayın	27	3.301	a
	Kızılağaç	27	4.675	b
	Tutkal Türü			
	ÜF1	18	6.185	a
	ÜF2	18	4.701	b
	FF	18	1.079	c
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	18	3.938	a
	Boraks	18	3.482	b
Borik Asit	18	4.545	c	
II	Ağaç Türü			
	Kayın	48	4.248	a
	Kızılağaç	48	5.507	b
	Ü/F Mol Oranı			
	1/1.74	48	5.538	a
	1/1.32	48	4.217	b
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	24	5.331	a
	Boraks	24	4.568	b
	Borik Asit	24	6.541	c
	Amonyum Asetat	24	3.070	d
	Emprenye Yöntemi			
Kaplama Emprenye	48	4.925	a	
Tutkala İlave	48	4.830	b	

3.4.2. Asit Emisyonu

Deneme levhalarına ait asetik asit emisyonu ortalama değerleri Tablo 43'te verilmiştir.

Tablo 43. Kontrplaklara ait asetik asit emisyonu ortalama değerleri

Levha Tipi	Asetik Asit Emisyonu			
	Kayın		Kızılağaç	
	X ($\mu\text{g/ml}$)	S	X ($\mu\text{g/ml}$)	S
ÜF1	1.89	0.09	3.138	0.06
ÜF2	1.43	0.01	2.279	0.09
FF	2.25	0.05	4.404	0.07
2A	3.60	0.00	3.855	0.02
2B	4.51	0.07	4.361	0.09
2C	2.04	0.04	3.371	0.00
2D	2.55	0.09	3.612	0.05
2F	5.18	0.09	5.400	0.09
3A	3.32	0.01	3.729	0.10
3B	4.11	0.04	4.014	0.01
3C	1.90	0.09	3.274	0.00
3D	3.08	0.01	3.613	0.02
3F	6.95	0.02	5.933	0.07
4A	19.50	0.09	15.126	0.08
4B	27.44	0.06	28.345	0.01
4C	13.93	0.07	11.234	0.06
4D	25.16	0.01	19.194	0.04

Farklı empenye maddeleri ile empenye edilen kaplamalardan üretilen deneme levhalarının asetik asit emisyonu üzerine ağaç türü, tutkal türü, empenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 44'de verilmiştir.

Tablo 44. Empenyeli kaplamalardan üretilen deneme levhalarının asetik asit emisyonu üzerine ağaç türü, tutkal türü ve empenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I. Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	3.77	1	3.77	819.19	***
Tutkal Türünün Etkisi B	46.46	2	23.23	5039.65	***
Empenye Mad. Etkisi C	43.41	2	21.70	4709.25	***
Etkileşim AB	0.55	2	0.27	60.37	***
Etkileşim AC	6.01	2	3.00	652.15	***
Etkileşim BC	6.42	4	1.60	348.60	***
Etkileşim ABC	3.76	4	0.94	204.24	***
Hata	0.16	36	0.00		
Toplam	110.58	53			

Yapılan çoğul varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün, emprenyeli kaplamalardan üretilen levhaların asetik asit emisyonu üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Tüm karşılıklı etkileşimler de önemlidir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması amacıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucuna göre; kızıl ağaç kontrplaklarının asetik asit emisyonları kayın kontrplaklarından, fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların asetik asit emisyonları da ÜF tutkalları ile üretilen kontrplaklardan önemli oranda farklıdır. Ü/F mol oranı farklı tutkallarla üretilen levhaların asetik asit emisyonları da farklılık göstermiştir. Emprenyeli kontrplakların asetik asit emisyonları kontrol gruplarına göre farklı bulunmuştur. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 46-I'de özetlenmiştir.

Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların asetik asit emisyonları üzerine ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulanma şekli ile bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 45'de verilmiştir.

Tablo 45. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların asetik asit emisyonları üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II. Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	1.01	1	1.01	254.79	***
Tutkal Türünün Etkisi B	93.40	1	93.40	23415.04	***
Emprenye Mad. Etkisi C	190.79	1	190.79	47828.80	***
Empr.Mad.Uyg. Şekli D	5211.19	3	1737.06	35448.86	***
Etkileşim AB	0.42	1	0.42	107.91	***
Etkileşim AC	0.00	1	0.00	0.00	B.D.
Etkileşim AD	65.00	3	21.66	5432.17	***
Etkileşim BC	0.44	1	0.44	111.27	***
Etkileşim BD	85.29	3	28.43	7127.11	***
Etkileşim CD	423.91	3	141.30	35422.39	***
Etkileşim ABC	7.20	1	7.20	1805.35	***
Etkileşim ABD	12.85	3	4.28	1073.77	***
Etkileşim ACD	2.36	3	0.78	198.00	***
Etkileşim BCD	1.23	3	0.41	103.04	***
Etkileşim ABCD	20.32	3	6.77	1698.55	***
Hata	0.25	64	0.00		
Toplam	6115.73	95			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların asetik asit emisyonu üzerine ağaç türü, tutkal çeşidi, emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Ağaç türü ile emprenye maddesi türünün karşılıklı etkileşimleri dışındaki etkileşimler de önemlidir. Tablo 46-II'de özetlenen Newman-Keuls testi sonucuna göre; emprenye maddesinin tutkala ilavesi şeklinde üretilen kontrplakların asetik asit emisyonu emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların asetik asit emisyonuna göre önemli ölçüde farklıdır. Ü/F mol oranı farklı tutkallarla üretilen kontrplaklardan ayrılan asetik asit miktarı da 0.05 yanılma olasılığı ile farklı bulunmuştur. Kullanılan tüm emprenye maddelerine göre kontrplakların asetik asit emisyonları farklılık göstermiştir.

Tablo 46. Kontrplakların asit emisyonları üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları (P< 0.05)

	Varyans Kaynakları	n	Asit Emisyonu (µg/ml)	
I	Ağaç Türü			
	Kayın	27	3.55	a
	Kızılağaç	27	4.08	b
	Tutkal Türü			
	ÜF1	18	3.67	a
	ÜF2	18	2.76	b
	FF	18	5.02	c
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	18	2.56	a
	Boraks	18	4.27	b
Borik Asit	18	4.61	c	
II	Ağaç Türü			
	Kayın	48	7.36	a
	Kızılağaç	48	7.16	b
	Ü/F Mol Oranı			
	1/1.74	48	8.24	a
	1/1.32	48	6.27	b
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	24	2.18	a
	Boraks	24	3.48	b
	Borik Asit	24	3.38	c
Amonyum Asetat	24	19.99	d	
Emprenye Yöntemi				
Kaplama Emprenye	48	8.67	a	
Tutkala İlave	48	5.85	b	

3.5. Yanma Özellikleri

3.5.1. Yanma Kayıpları (Ağırlık Kaybı)

Kontrplakların yanma deneyi sonrası oluşan ortalama ağırlık kaybı değerleri Tablo 47'de verilmiştir.

Tablo 47. Kontrplakların yanma sonucu oluşan ağırlık kaybı ortalama değerleri

Levha Tipi	Ağaç Türü			
	Kayın		Kızılağaç	
	Ağırlık Kaybı (%)	S	Ağırlık Kaybı (%)	S
ÜF1	90.33	0.38	85.88	0.18
ÜF2	91.73	0.86	84.58	0.10
FF	85.60	0.11	90.00	0.55
2A	83.63	0.08	79.89	0.27
2B	80.80	0.35	80.53	0.61
2C	84.39	0.12	80.37	0.73
2D	82.21	0.40	82.70	0.18
2F	88.65	0.40	90.26	0.20
3A	81.55	0.48	82.19	0.22
3B	76.40	0.74	78.90	0.40
3C	79.99	0.33	80.68	0.80
3D	74.39	0.46	73.59	0.17
3F	88.57	0.13	84.77	0.13
4A	87.20	0.28	85.01	0.86
4B	87.56	0.45	85.61	0.67
4C	90.55	0.35	84.58	0.84
4D	87.44	0.28	84.53	0.42

Farklı emprenye maddeleri ile emprenye edilen kaplamalardan üretilen deneme levhalarının yanmada oluşan ağırlık kayıpları üzerine ağaç türü, tutkal türü, emprenye maddesi türü ve bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 48'de verilmiştir.

Tablo 48. Emprenyeli kaplamalardan üretilen deneme levhalarının yanmadaki ağırlık kayıpları üzerine ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün etkisine ait çoğul varyans analizi (I.Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	6.40	1	6.40	35.73	***
Tutkal Türünün Etkisi B	304.46	2	152.23	848.85	***
Emprenye Mad. Etkisi C	441.43	2	220.71	1230.70	***
Etkileşim AB	15.61	2	7.80	43.54	***
Etkileşim AC	14.11	2	7.05	39.33	***
Etkileşim BC	209.25	4	52.31	291.69	***
Etkileşim ABC	79.60	4	19.90	110.96	***
Hata	3.22	18	0.17		
Toplam	1074.12	35			

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü, tutkal türü ve emprenye maddesi türünün emprenyeli kaplamalardan üretilen levhaların yanmadaki ağırlık kayıpları üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Tüm karşılıklı etkileşimler de önemlidir. Varyans kaynakları ortalamalarını karşılaştırmak için yapılan Newman-Keuls testi sonucuna göre; kayın kontrplakların ağırlık kayıpları kızılâğaç kontrplaklarından, fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların ağırlık kayıpları da üre-formaldehit tutkalı ile üretilenlerden farklı bulunmuştur. Deneme levhalarının ağırlık kayıpları, kullanılan emprenye maddelerine göre 0.05 yanılma olasılığı ile farklıdır. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 50-I'de verilmiştir.

Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların yanmadaki ağırlık kayıpları üzerine ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve uygulanma şekli ile bunların karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 49'da verilmiştir.

Tablo 49. Ağaç türü, Ü/F mol oranı, emprenye maddesi türü ve yönteminin kontrplakların yanmadaki ağırlık kayıpları üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları (II. Grup)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Ağaç Türünün Etkisi A	105.13	1	105.139	429.00	***
Tutkal Türünün Etkisi B	0.70	1	0.70	2.88	B.D.
Emprenye Mad. Etkisi C	40.14	1	40.14	163.81	***
Empr.Mad.Uyg. Şekli D	936.36	3	312.12	1273.57	***
Etkileşim AB	9.99	1	9.99	40.77	***
Etkileşim AC	8.48	1	8.48	34.64	***
Etkileşim AD	91.52	3	30.50	124.49	***
Etkileşim BC	2.29	1	2.29	9.350	**
Etkileşim BD	32.91	3	10.97	44.76	***
Etkileşim CD	73.60	3	24.53	100.10	***
Etkileşim ABC	0.01	1	0.01	0.06	B.D.
Etkileşim ABD	4.88	3	1.62	6.64	***
Etkileşim ACD	10.20	3	3.40	13.87	***
Etkileşim BCD	7.85	3	2.61	10.68	***
Etkileşim ABCD	5.01	3	1.67	6.82	**
Hata	7.84	32	0.24		
Toplam	1337.00	63			

Yapılan varyans analizine göre; Ü/F mol oranı farklı iki tip ÜF tutkalı ve iki farklı emprenye yöntemi ile üretilen levhaların yanmadaki ağırlık kayıpları üzerine ağaç türü, emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı, Ü/F mol oranının etkisi ise anlamsız bulunmuştur. Ağaç türü, mol oranı ve emprenye maddesi türünün karşılıklı etkileşimleri dışındaki etkiler önemlidir. Varyans kaynakları ortalamalarını karşılaştırmak için yapılan Newman-Keuls testine göre; farklı formaldehit mol oranına sahip tutkallarla üretilen levhaların yanmadaki ağırlık kayıpları arasında belirgin fark yoktur. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların ağırlık kaybı değerleri emprenye maddesinin tutkala ilave edildiği kontrplaklara göre 0.05 yanılma olasılığı ile farklı bulunmuştur. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 50- II'de özetlenmiştir.

Tablo 50. Kontrplakların yanmadaki ağırlık kayıpları üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($P < 0.05$)

	Varyans Kaynakları	n	Ağırlık Kaybı (%)	
I	Ağaç Türü			
	Kayın	18	84.30	a
	Kızılağaç	18	83.45	b
	Tutkal Türü			
	ÜF1	12	82.12	a
	ÜF2	12	81.53	b
	FF	12	87.97	c
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	12	88.00	a
	Boraks	12	84.19	b
Borik Asit	12	79.44	c	
II	Ağaç Türü			
	Kayın	32	85.01	a
	Kızılağaç	32	82.45	b
	Ü/F Mol Oranı			
	1/1.74	32	83.84	a
	1/1.32	32	83.63	a
	Emprenye Maddesi Türü			
	Kontrol	16	88.10	a
	Boraks	16	81.81	b
	Borik Asit	16	78.46	c
	Amonyum Asetat	16	86.56	d
	Emprenye Yöntemi			
Kaplama Emprenye	32	82.94	a	
Tutkala İlave	32	84.52	b	

3.5.2. Alev Kaynaklı Yanma, Kendi Kendine Alev Kaynaksız Yanma ve Kor Halinde Yanma Sıcaklıkları

Kontrplaklara ait alev kaynaklı yanma, kendi kendine yanma ve kor halinde yanma sırasında ölçülen ortalama sıcaklık değerleri Tablo 51'de verilmiştir.

Tablo 51. Alev kaynaklı yanma, kendi kendine yanma ve kor halinde yanma sırasında ölçülen ortalama sıcaklık değerleri (°C)

Levha Tipi	Ağaç Türü	Alev Kaynaklı Yanma Sıcaklığı		Kendi Kendine Yanma Sıcaklığı		Kor Halinde Yanma Sıcaklığı	
		X	S	X	S	X	S
ÜF1	Kayın	394	6.13	845	15.55	449	0.53
	Kızılağaç	530	35.48	850	44.83	577	4.24
ÜF2	Kayın	355	6.20	802	10.91	341	14.17
	Kızılağaç	422	40.30	721	20.95	593	17.67
FF	Kayın	360	16.10	754	51.85	588	19.79
	Kızılağaç	422	14.14	590	15.73	221	31.32
2A	Kayın	346	5.65	821	32.22	686	9.89
	Kızılağaç	434	1.41	625	30.62	471	1.41
2B	Kayın	354	28.75	687	9.43	318	27.19
	Kızılağaç	372	2.43	596	32.05	438	8.48
2C	Kayın	355	7.07	723	10.13	-	-
	Kızılağaç	404	11.47	685	9.50	491	32.52
2D	Kayın	374	8.40	731	20.60	-	-
	Kızılağaç	444	19.01	458	30.88	197	39.24
2F	Kayın	352	18.61	726	28.48	218	0.21
	Kızılağaç	364	26.16	461	26.29	140	1.95
3A	Kayın	327	10.60	657	21.79	326	58.60
	Kızılağaç	487	12.72	590	4.34	309	9.19
3B	Kayın	343	5.34	684	0.29	268	19.18
	Kızılağaç	394	38.65	460	41.78	225	13.43
3C	Kayın	340	2.04	690	23.23	523	42.77
	Kızılağaç	435	43.84	527	10.76	256	8.48
3D	Kayın	321	0.15	638	26.32	575	25.45
	Kızılağaç	410	19	579	21.21	284	14.84
3F	Kayın	282	1.25	560	40.76	226	10.87
	Kızılağaç	399	3.14	588	0.29	167	7.35
4A	Kayın	374	6.75	722	34.81	253	13.73
	Kızılağaç	354	32.44	616	25.13	404	12.72
4B	Kayın	392	18.29	724	1.41	348	25.05
	Kızılağaç	433	6.91	697	18.80	248	8.53
4C	Kayın	317	32.37	619	52.75	363	43.84
	Kızılağaç	514	63.95	810	25.45	579	21.92
4D	Kayın	273	21.92	670	23.77	345	7.7
	Kızılağaç	455	25	745	12.86	459	4.10

3.5.3. Kendi Kendine Yanma, Kor Hali ve Yıkılma Anına Kadar Geçen Süre

Kontrplakların yanma deneyleri esnasında kaydedilen kendi kendine ve kor halindeki yanma süresi ile yıkılma başlangıcı süresine ilişkin ortalama değerler Tablo 52'da verilmiştir.

Tablo 52. Deneme levhalarının kendi kendine yanma, kor halinde yanma ve yıkılma başlangıcı süreleri

Levha Tipi	Ağaç Türü	Yanma Süreleri (sn)			
		Kendi Kendine Y.	Kor Halinde Y.	Yıkılma Başlangıcı	Yıkılma Başlangıç A.
ÜF1	Kayın	180	90	180	KKY
	Kızılağaç	120	30	90	KKY
ÜF2	Kayın	180	300	60	KHY
	Kızılağaç	150	30	90	KKY
FF	Kayın	150	30	90	KKY
	Kızılağaç	180	600	-	-
2A	Kayın	150	60	120	KKY
	Kızılağaç	150	30	60	KKY
2B	Kayın	150	90	60	KKY
	Kızılağaç	150	30	60	KKY
2C	Kayın	150	-	90	KKY
	Kızılağaç	150	30	60	KKY
2D	Kayın	180	30	90	KKY
	Kızılağaç	180	60	120	KKY
2F	Kayın	180	570	-	-
	Kızılağaç	330	690	-	-
3A	Kayın	210	150	150	KKY
	Kızılağaç	240	30	90	KKY
3B	Kayın	180	60	90	KKY
	Kızılağaç	300	30	90	KKY
3C	Kayın	180	30	90	KKY
	Kızılağaç	270	60	60	KKY
3D	Kayın	150	30	30	KKY
	Kızılağaç	180	30	60	KKY
3F	Kayın	240	510	-	-
	Kızılağaç	210	690	-	-
4A	Kayın	180	210	90	KHY
	Kızılağaç	210	30	90	KKY
4B	Kayın	180	150	90	KKY
	Kızılağaç	180	180	90	KKY
4C	Kayın	240	60	120	KKY
	Kızılağaç	120	30	60	KKY
4D	Kayın	210	60	150	KKY
	Kızılağaç	120	30	90	KKY

3.5.4. Işık Yoğunlukları

Kontrplakların yanması esnasında çıkan duman yoğunlukları, baca ağzından geçen ve bir fotosel olarak algılanan değerler olarak üç yanma aşaması için ayrı ayrı ölçülmüş ve sonuçları Tablo 53' de verilmiştir.

Tablo 53. Deneme levhalarının yanmaları esnasında ölçülen ışık yoğunlukları ortalama değerleri (Lüx)

Levha Tipi	Ağaç Türü	Alev Kaynaklı Yanma Işık Yoğ.		Kendi Kendine Yanma Işık Yoğ.		Kor Halinde Yanma Işık Yoğunluğu	
		X	S	X	S	X	S
ÜF1	Kayın	955	10.47	821	3.36	991	11.39
	Kızılağaç	866	5.23	773	9.43	1000	0.00
ÜF2	Kayın	909	4.45	821	3.36	995	5.89
	Kızılağaç	923	11.02	831	12.57	916	0.00
FF	Kayın	959	5.23	841	3.98	1000	0.00
	Kızılağaç	922	0.00	885	17.80	1000	0.00
2A	Kayın	968	2.62	833	8.64	1000	0.00
	Kızılağaç	951	0.00	917	9.87	1000	0.00
2B	Kayın	957	2.61	880	14.92	1000	0.00
	Kızılağaç	946	7.85	891	3.93	1000	0.00
2C	Kayın	961	7.85	844	15.71	1000	0.00
	Kızılağaç	937	5.23	884	6.27	1000	0.00
2D	Kayın	968	7.85	866	13.47	1000	0.00
	Kızılağaç	922	5.23	942	17.08	1000	0.00
2F	Kayın	966	5.60	869	3.36	1000	0.00
	Kızılağaç	953	13.00	943	5.53	1000	0.00
3A	Kayın	984	6.87	872	7.32	1000	0.00
	Kızılağaç	914	15.00	908	10.81	1000	0.00
3B	Kayın	981	0.00	899	6.73	1000	0.00
	Kızılağaç	957	9.42	948	4.28	1000	0.00
3C	Kayın	981	0.00	878	3.36	1000	0.00
	Kızılağaç	922	15.71	910	7.77	1000	0.00
3D	Kayın	974	15.71	883	9.43	1000	0.00
	Kızılağaç	918	8.37	906	17.02	1000	0.00
3F	Kayın	985	0.00	879	12.76	1000	0.00
	Kızılağaç	949	4.71	909	13.46	1000	0.00
4A	Kayın	959	0.00	836	3.92	1000	0.00
	Kızılağaç	962	10.47	885	11.47	1000	0.00
4B	Kayın	953	7.85	880	6.73	1000	0.00
	Kızılağaç	942	7.85	872	10.93	1000	0.00
4C	Kayın	970	10.47	860	3.27	1000	0.00
	Kızılağaç	916	9.42	843	14.37	1000	0.00
4D	Kayın	957	7.85	874	11.00	1000	0.00
	Kızılağaç	912	7.85	801	16.49	1000	0.00

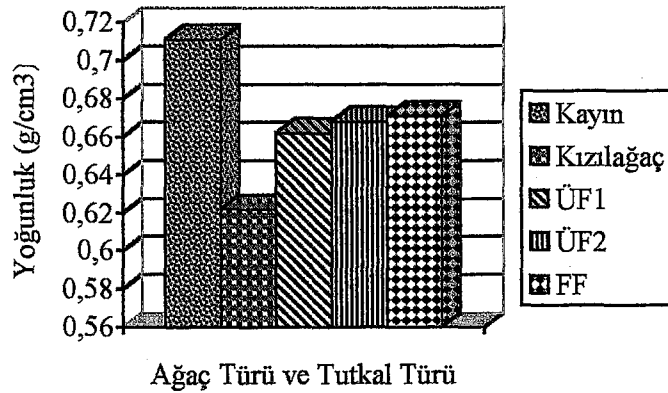
4. İRDELEME

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Yoğunluk

Kayın kontrplakların hava kurusu haldeki yoğunlukları kızılğaç kontrplakların yoğunluklarından fazla bulunmuştur. Kontrplakların yoğunlukları önemli oranda üretildikleri odun türünün yoğunluğuna bağlıdır. Kızılğaca göre yoğunluğu fazla olan kayından üretilen kontrplakların da yoğunluklarının fazla olması türlere bağlı özelliklerin doğal bir sonucudur.

Kullanılan üç tutkal türü karşılaştırıldığında; fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların yoğunlukları ile Ü/F mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların yoğunlukları arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken, Ü/F mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların yoğunlukları bunlardan düşük bulunmuştur. Ağaç türü ve tutkal türünün levha yoğunluğu üzerine etkisi Şekil 11’de gösterilmiştir.

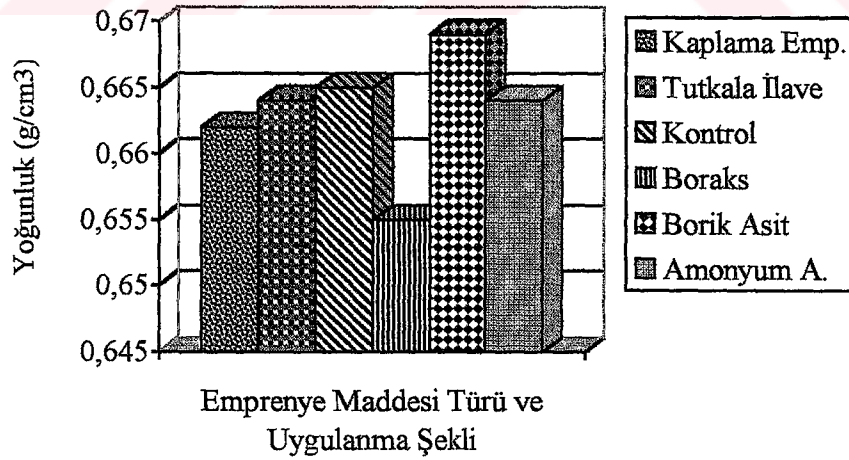


Şekil 11. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplak yoğunluğuna etkisi

Emprenye maddesi tutkala ilave edilerek üretilen kontrplakların yoğunlukları, emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların yoğunluklarından genelde daha fazladır.

Bu durum; emprenye maddesinin tutkala ilave edilmesi halinde eklenen miktar kadar bir artışın direkt levha ağırlığına yansımaları, kaplamaların emprenye edilmesi halinde ise artışının emprenye maddesi retensiyonuna bağlı olması ile izah edilebilir.

Kaplamaların boraks ile emprenyesi kontrplakların yoğunluğunda azalmaya neden olurken borik asit ile emprenye yoğunluk artışına neden olmuştur. Emprenye işleminin kimyasal madde retensiyonuna bağlı olarak levha yoğunluğunu artırması doğaldır. Ancak; boraks alkali karakterde olması sebebiyle emprenye esnasında muhtemelen selüloz liflerinde şişmeye neden olmuş olabilir. Literatürde; selülozun saf su yerine elektrolitlerle nemlendirilmesi halinde şişmede artışın görülebileceği ifade edilmekte olup, bu durum selülozun hidroksillerinin su moleküllerinden daha hacimli olan hidratlanmış iyonları absorplamasına bağlanmaktadır[122]. Dolayısıyla boraks ile emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların hacimlerinin de artması beklenilebilir bir sonuçtur. Boraks ile emprenyeli kontrplakların yoğunluklarındaki azalma; bu hacimsel artışın emprenye ile absorplanan kimyasal maddenin ağırlıkta meydana getireceği artıştan fazla olmasının bir sonucu olarak izah edilebilir. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplak yoğunluğuna etkisi Şekil 12’de gösterilmiştir.

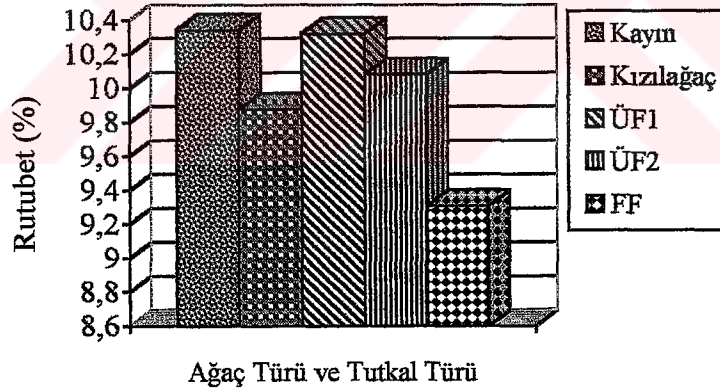


Şekil 12. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplak yoğunluğuna etkisi

4.1.2. Rutubet

Kayın kontrplakların denge rutubet miktarları kızılğaç kontrplaklarından yüksektir. Bu durum kayının özgül ağırlığının kızılğaca göre daha yüksek olmasının doğal bir sonucudur.

ÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların denge rutubet miktarları fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklardan yüksek bulunmuştur. ÜF tutkallarında sertleştirici olarak asidik tuzlar kullanılmaktadır. Bundan dolayı bu sertleştiriciler hızlı bir şekilde rutubet absorbe ederler [18]. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklar ile üre formaldehit tutkalıyla üretilenler arasındaki rutubet farkı muhtemelen bundandır. Ü/F mol oranı fazla olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubet miktarları da mol oranı düşük olan ÜF tutkalı ile üretilenlerden yüksek bulunmuştur. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplakların denge rutubet miktarlarına etkisi Şekil 13’de gösterilmiştir.

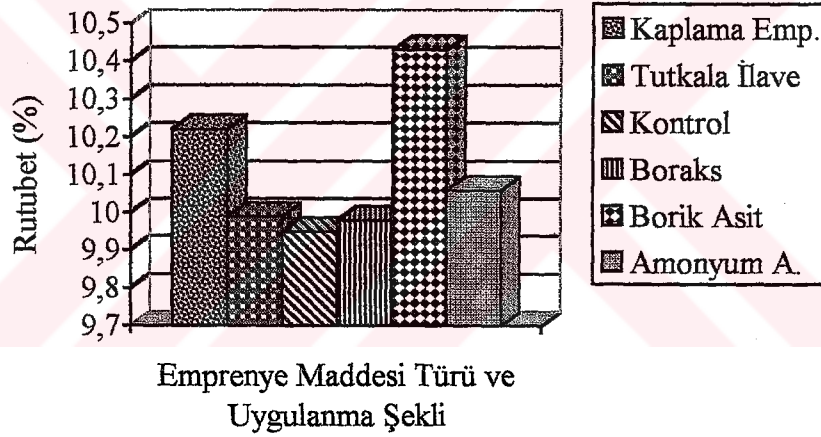


Şekil 13. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplak rutubetine etkisi

Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların denge rutubet miktarındaki artış emprenye maddesinin tutkal hattına ilave edildiği kontrplaklardaki artışa göre daha fazla olarak gerçekleşmiştir. Emprenye için kullanılan tuzlar higroskopik karakterde olup odunun higroskopisitesini arttırmaktadır. Ancak higroskopisitedeki bu artış; emprenye maddesinin tutkala ilave edilmesi durumunda tutkal hattı ile sınırlı kalırken, kaplamaların

bu tuzların sulu çözeltilerine daldırılmaları durumunda tüm kaplamanın dolayısı ile tüm kontrplağın higroskopisitesinde artışa neden olmaktadır.

Kullanılan emprenye maddeleri içersinde denge rutubet miktarını en fazla borik asit arttırmıştır. Amonyum asetatın denge rutubet miktarını arttıran ikinci madde olması asit karakterli tuzların daha higroskopik olması sonucundandır. Asit karakterli tuzlar selüloz ve hemiselülozun hidrolizine neden olarak odunu rutubete karşı daha hassas hale getirirler. Hidrojen iyonlarının katalize ettiği bu reaksiyonla glikozidik oksijen köprülerinde kopmalar meydana gelir ve her kopma noktasında selüloza bir molekül su eklenir[123]. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin levhaların denge rutubet miktarlarına etkisi Şekil 14’te gösterilmiştir.



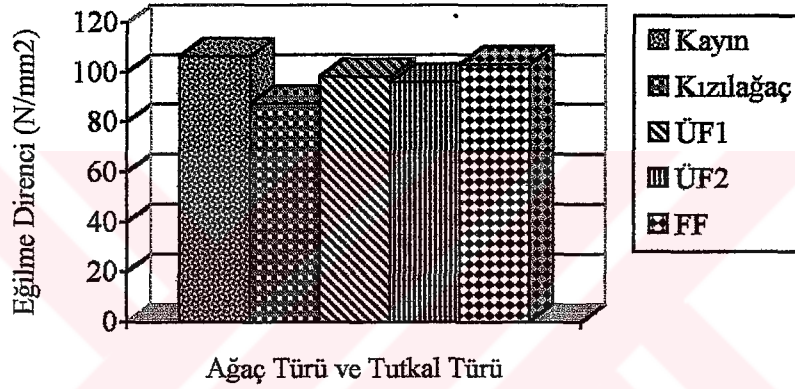
Şekil 14. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplak rutubetine etkisi

4.2. Mekanik Özellikler

4.2.1. Eğilme Direnci

Bu çalışmada; kayın kontrplakların eğilme dirençleri kızılğaç kontrplakların eğilme dirençlerinden yüksek bulunmuştur. Buna göre kontrplağın üretildiği ağaç türünün eğilme direnci ile kontrplakların eğilme direnci arasında önemli bir ilişki olduğu söylenebilir.

Ü/F mol oranı yüksek olan ÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme dirençleri mol oranı düşük olan ÜF tutkalı ile üretilenlerden, fenol formaldehit ile üretilen levhaların eğilme dirençleri de ÜF tutkalları ile yapıştırılanlardan yüksek bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada [2]; Ü/F mol oranı 1/1.74 ve 1/1.32 olan iki tip tutkal ile üretilen kavak kontrplakların eğilme dirençleri arasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bir başka çalışmada [124] ise; üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların eğilme dirençleri için bulunan sonuçlar, bu çalışmada bulunan sonuçlara paralellik arz etmektedir. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplakların eğilme direncine etkisi Şekil 15'te gösterilmiştir.

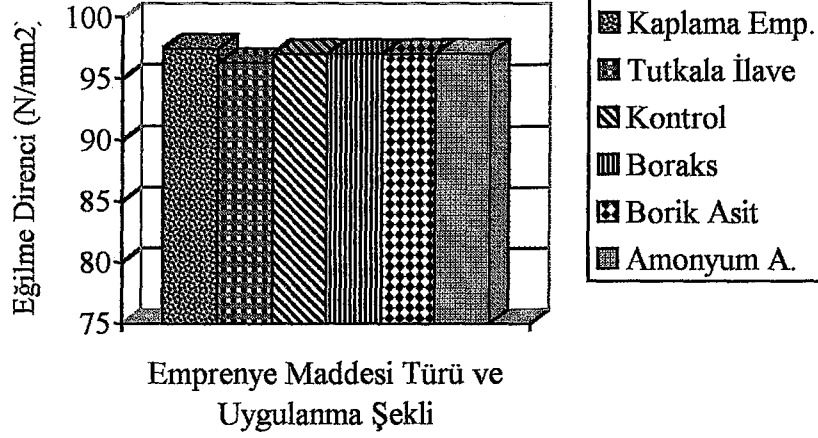


Şekil 15. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplakların eğilme direncine etkisi

Araştırma sonuçlarına göre; boraks ile emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençleri ile kontrol grupları arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken, borik asit ile emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençleri bunlardan önemli oranda yüksek bulunmuştur. Masif odun; borik asit, amonyum fosfat, amonyum sülfat gibi inorganik tuzlar ile emprenye edildiğinde, bu kimyasallar odunun kömürleşme miktarını artırıp yanıcı ve uçucu maddelerin miktarını azaltmakta ve böylelikle odunun pirolizini değiştirmektedir. Asidik karakterdeki yanmayı geciktiriciler; glikoz ünitelerinin dehidratasyonunu ve selülozun depolimerizasyonunu kolaylaştırabilirler [125]. Bu maddeler odun yapısının bozulması nedeniyle direnç özelliklerinde bir bozulmaya neden olurlar. Ancak tabakalı ağaç malzemelerde; yapıştırıcının cinsi ve hazırlanmasının da eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine önemli etkisi olduğu bilinmektedir. Bu bakımdan borik asit ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençlerinin yüksek çıkması; tutkal tabakası oluşması üzerine borik

asitli kaplama yüzeylerinin göstermiş olduğu fiziksel ve kimyasal etkiyle açıklanabilir. Tutkal hattının gevrek yada esnek olması eğilme direncini etkilemektedir. Tutkalın gevrek yada esnek olması ise; ilave maddelerin (sertleştirici, koruyucu, katkı ve dolgu maddeleri) tür ve miktarları yanında, tutkalın kaplama yüzeylerine sürüldükten presleme bitimine kadarki reaksiyonunu hızlandıracak odun özelliklerine de bağlı olabilir. Örneğin; borik asit ile emprenye edilmiş kaplamaların asiditesi daha fazla olacağından kontrol grupları ile kıyaslandığında tutkal jelleşme süresinin kısalması ve sertleşmenin daha kısa sürede gerçekleşmesi nedeniyle tutkal hücre boşluklarına dolmadan kaplama yüzeyinde kalarak daha kalın bir tutkal tabakası oluşturacaktır. Ancak alkali özellik gösteren boraks ile emprenye edilmiş kaplamaların üre formaldehit tutkalları ile yapıştırılmasında; tutkal karışımının jelleşme ve sertleşmesi daha uzun sürede gerçekleşecektir. Bilindiği gibi sıcak preste tutkal viskozitesi başlangıçta hızlı bir şekilde azalmakta, bir müddet bu şekilde kaldıktan sonra ise hızlı bir şekilde yükselerek katılaşmaktadır. Alkali özellik gösteren boraks ile emprenye edilmiş kaplamaların yapıştırılmasında presleme esnasında tutkalın viskozitesinin azalması ve bu durumda kalma süresinin daha fazla olacağı düşünülmektedir. Böylece viskozitesi azalmış tutkal kaplamanın hücreleri içersine kadar nüfuz edecek ve iki kaplama levhası arasındaki tutkal tabakası daha ince olacaktır. Bu nedenle; boraks ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençlerinin, borik asit ile emprenye edilen kaplamalardan üretilenlerden daha düşük olması normaldir. Ayrıca, alkali bir emprenye maddesinin hidratlandırma ve şişirme özelliğinin liflerin esnekliğini artırıp eğilme direncini olumsuz yönde etkileyeceği de düşünülmelidir.

Emprenye maddesinin tutkal hattına ilave edilmesi suretiyle üretilen kontrplakların eğilme dirençleri ve elastikiyet modüllerinin emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplaklarından daha düşük olması da yine yukarıdaki açıklamayı doğrular niteliktedir. Çünkü; eğilme direnci ve elastikiyet modülündeki bu değişim emprenye işlemi ile odunun direnç özelliklerinde meydana gelen değişimden ziyade tutkal hattındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır. Emprenye maddesi türü ve uygulama şeklinin kontrplaklarının eğilme direncine etkisi Şekil 16'da gösterilmiştir.

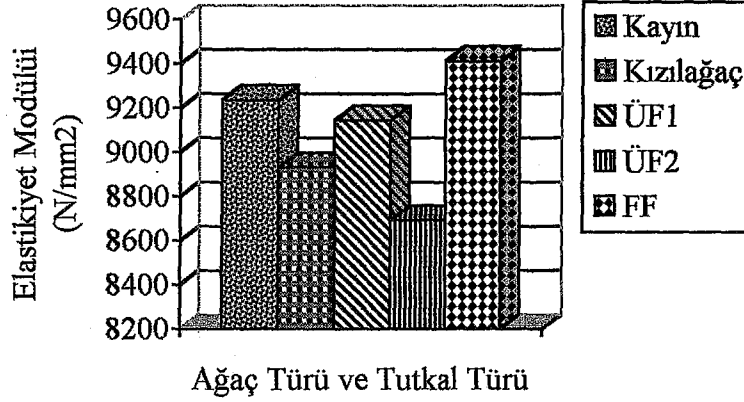


Şekil 16. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların eğilme direncine etkisi

4.2.2. Elastikiyet Modülü

Bu çalışmada; kayın kontrplakların elastikiyet modülü değerleri kızılâğaç kontrplaklardan daha yüksek bulunmuştur. Bu durum eğilme direncinde olduğu gibi kontrplakların elastikiyet modüllerinin de önemli oranda üretildikleri ağacın türüne bağlı olmasındandır.

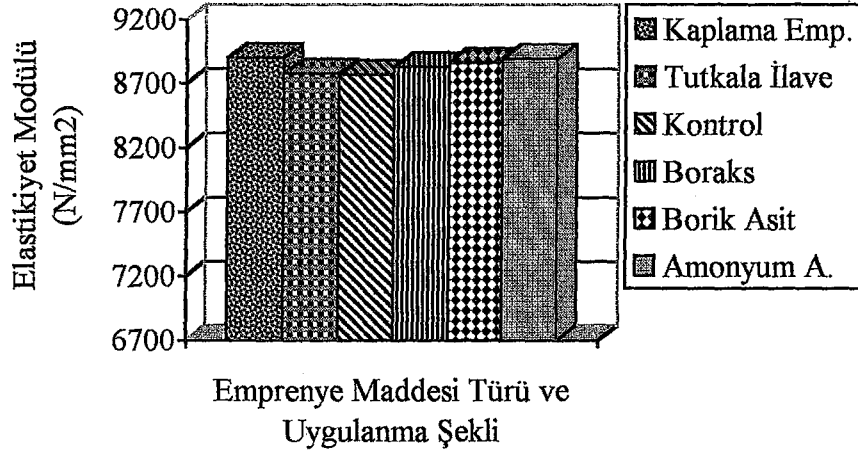
Kontrplakların elastikiyet modüllerine ait bulgular eğilme direnci sonuçlarına benzerlik göstermektedir. Yine kullanılan iki tutkal türü ve iki mol oranı içerisinde en büyük elastikiyet modülü değerleri fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda tespit edilmiştir. Ü/F mol oranı 1/1.74 olan üre-formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri de mol oranı 1/1.32 olan üre-formaldehit tutkalı ile üretilenlerden yüksektir. Ağaç türü ve tutkal türünün deneme levhalarının eğilmedeki elastikiyet modülüne etkisi Şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil 17. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplakların elastikiyet modülüne etkisi

Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri emprenye maddesinin tutkala ilave edilmesiyle üretilen kontrplaklarınkinden daha yüksektir. Bu durum; emprenye maddesi ile tutkalların etkileşiminin elastikiyet modülü üzerine, kaplamaların emprenyesine nazaran daha fazla etkili olması ile izah edilebilir.

Tüm kontrplak grupları dikkate alındığında (emprenyeli kaplamalardan üretilen ve emprenye maddesi tutkal hattına ilave edilen) maddelere bağlı olarak işlem görmüş kontrplakların elastikiyet modülleri ile kontrol grupları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Emprenye maddelerinin yüksek retensiyonlarda kullanılması durumunda odunun direnç değerlerini düşürdüğü literatürde mevcuttur. Ancak burada direnç değerlerinin istatistiksel anlamda etkilenmemiş olması kullanılan konsantrasyonun düşük olmasından kaynaklanabilir. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin levhaların elastikiyet modülleri üzerine etkisi Şekil 18’de gösterilmiştir.



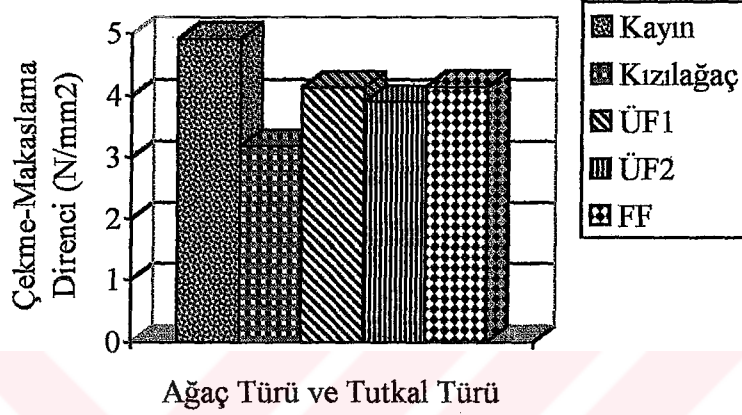
Şekil 18. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların elastikiyet modülüne etkisi

4.2.3. Çekme-Makaslama Direnci

Araştırma sonucuna göre; kayın kontrplakların çekme-makaslama dirençleri kızılğaç kontrplakların çekme-makaslama dirençlerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç; çalışmada kullanılan ağaç türlerinden kayının, kızılğaçta göre daha yüksek özgül ağırlığa sahip olmasıyla açıklanabilir. Literatürde de belirtildiği gibi, odunun özgül ağırlığı arttıkça yapışma direnci artmaktadır [126,127]. Ayrıca çalışmada kullanılan kızılğaç kaplamalar tomruklar buharlanmaksızın elde edilirken, kayın kaplamalar buharlanmış tomruklardan soyulmuştur. Daha kolay soyulabilmesi için tomruğu yumuşatmak maksadı ile yapılan buharlama işlemi, odunda mevcut bir takım ekstraktiflerin uzaklaşmasına neden olarak yapışmayı etkileyebilir. Bilindiği gibi ekstraktif miktarının fazla olduğu türlerde yapışma zayıf olarak gerçekleşmektedir [128].

Yine çalışma sonuçlarını göre; Ü/F mol oranı yüksek olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci, mol oranı düşük olan ÜF tutkalı ile üretilenlere nazaran yüksek bulunmuştur. Diğer taraftan, fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların çekme makaslama dirençleri ile Ü/F mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilen levhaların çekme-makaslama dirençleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Ancak fenol formaldehit tutkalı; sadece boraks ve borik asit ile emprenyeli kaplamalardan levha üretiminde kullanılabilmiş, emprenye maddesinin tutkala ilavesi şeklindeki levha üretimi

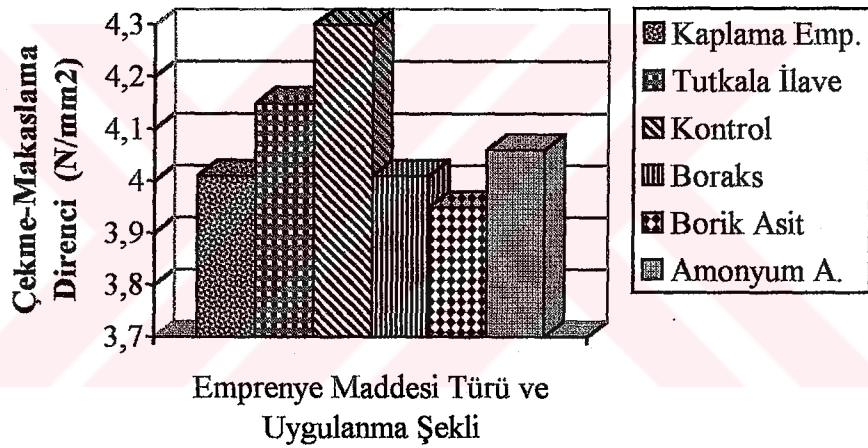
bu tutkal türü ile gerçekleştirilememiştir. Fenolik reçinelerle bu tip emprenye maddelerinin kullanımları esnasında pH'nın ve viskozitenin olumsuz yönde etkilendiği ve tutkalın yapıştırılacak yüzeylere sürülmeden önce jelleşmenin gerçekleştiği literatürde yer almaktadır [55,129,130]. Ağaç türü ve tutkal türünün levhaların çekme-makaslama direncine etkisi Şekil 19'da verilmiştir.



Şekil 19. Ağaç türü ve tutkal türünü kontrplakların çekme-makaslama direncine etkisi

Emprenye maddesinin tutkala ilavesiyle üretilen kontrplakların çekme-makaslama dirençleri, emprenyeli kaplamalardan üretilenlerinkine göre daha yüksek olmakla birlikte her iki yöntemle üretilen levhaların bu dirençleri kontrol gruplarından daha düşük bulunmuştur. Emprenyeli kaplamalardan kontrplak üretiminde, emprenye çözeltisine daldırılan kaplamaların ikinci kez endüstriyel koşullarda kurutulması söz konusudur. Bu durumda; kaplamalarda meydana gelen kimyasal değişim oranı da artacaktır. Kullanılan emprenye maddeleri suda çözünen tuzlar olmaları sebebiyle, kaplamaların emprenyeden sonraki kurutulmaları aşamasında su uzaklaşırken bir kısım maddeyi de beraberinde taşıyarak kaplama yüzeylerinde birikmelerine neden olabileceği düşünülmektedir. Bu durum da kaplamaların ıslanabilme kabiliyeti ve pH'ı gibi yapışma direncini etkileyen faktörleri olumsuz yönde etkiler. Yanmayı geciktirici tuzlarla emprenyeli kaplamalar tutkal çözeltisini daha hızlı bir şekilde absorbe etmektedir. Bunun nedeni emprenye tuzlarının hidrofilik karakterde olmasıdır. Yapıştırma esnasında; kaplama yüzeylerinde depolanan tuzların sıvı haldeki tutkalı çok hızlı absorplaması, ıslanabilirlik/absorpsiyon dengesine ulaşabilmek için yapıştırıcının tutkal hattında yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Tutkal çözeltisinin odun ile etkileşimi esnasında, reçinenin kolloidal karakteristiklerinin tutkal

tarafından bozulması sonucu reçinenin yüzey gerilimi çok düşer [79]. Tüm kontrplak grupları dikkate alındığında kullanılan bütün emprenye maddeleri yapışma direncini düşürmüş ve en büyük düşüş borik asit ile üretilen kontrplaklarda tespit edilmiştir. Literatürde yapıştırılarak kullanılacak odun malzemelerin, bu tür maddelerle emprenye edilmesi durumunda yapışma direncinde azalma meydana geldiği ifade edilmektedir [76]. Borik asit; hücre çeperindeki amorf bölgelere girerek mikrofibrilleri ayırmaya zorladığı, intrapolimerik boşlukları şişirerek çapraz bağlanmayı azalttığı söylenmektedir [131,132]. Bu açıklamalara göre; kontrplakların çekme-makaslama dirençlerinin azalmasının hem tutkal bağı kalitesinden, hem de kullanılan emprenye maddelerinin kaplamalarda yapmış olduğu etkiden kaynaklandığı söylenebilir. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların çekme-makaslama direncine etkisi Şekil 20’de gösterilmiştir.



Şekil 20. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların çekme-makaslama direncine etkisi

4.3. Kimyasal Özellikler

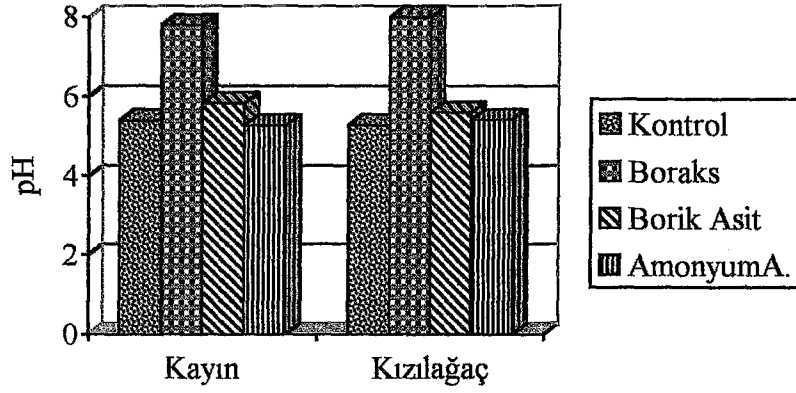
4.3.1. pH

Asidite ve alkalilik için kullanılan genel bilimsel ifade pH’ dir. Suyun iyonlar çarpımı sabiti, 25 °C sıcaklıkta, $K_s = 10^{-14}$. Suyun iyonik ürünleri $[H^+]$ ve $[OH^-]$ konsantrasyonları birbirine eşit olup 10^{-7} mol/L dir. Sulu çözeltinin proton fazlalığı $\{[H^+] > 10^{-7} M\}$ asidik, hidroksit fazlalığı $\{[OH^-] > 10^{-7} M\}$ ise bazik çözelti oluşturur. Daha kolay ifade edilebilmesi için 10 üzerinde bulunan sayı pH değeri olarak okunmaktadır.

Buna göre nötr bir çözeltinin pH değeri 7' dir. Çözelti asitlendirilirse H^+ iyonları artar ve pH 7'den küçük bir değer gösterirken, bu iyonların azalmasıyla 7' nin üzerine çıkar.

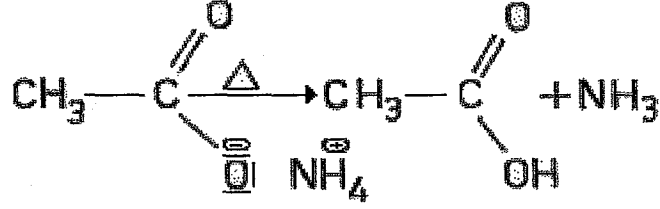
Odunun asiditesi çeşitli faktörlere bağlanmaktadır. Bazı araştırmacılar odunun asiditesini; odun bileşenlerinin doğal asiditesine, özellikle tuz ve ekstratiflerin miktarına ve hemiselülozların üronik ve diğer asidik grupları ile lignin ve selülozun doğal yapısındaki az miktardaki asiditeye bağlanmaktadır. Ancak bazı çalışmalarda ise; esas katkının odunda mevcut, yada termik-hidroliz işlemlerle meydana gelen biokimyasal yada kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan organik asitlerden kaynaklandığını belirtmektedirler [100].

Çalışmada kayın kaplamaların kurutulduktan sonra ölçülen pH değeri kızılâğaç kaplamalarınıninkinden yüksek bulunmuştur. PH değerinin özellikle kayın kaplamalarda yüksek bulunması bir çok faktörle ilgili olabilir. Odun türlerine göre pH değeri [133] ve tampon kapasitelerinde [134] büyük farklılıklar vardır. Odunun pH değeri ve tampon kapasitesi; odun rutubeti, ağaç yaşı ve yetiştirme yeri yanında, odunun depolanması ile uygulanan buharlama ve termik işlemler gibi bir çok faktöre bağlı bulunmaktadır. Aynı yetiştirme yerinden alınan genç ve yaşlı meşe odunlarının pH değeri ve tampon kapasitelerinde önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir [135]. Kurutma şartlarının şiddetinin artırılması durumunda çam odunu yongalarının pH değeri azalırken tampon kapasitesinin arttığı bildirilmektedir [136]. Yapılan başka bir çalışmada, meşe yongalarının absorpsiyon çözeltisinin pH değeri, kayın, çam ve ladinden daha düşük bulunmuştur. Kayının asetil grupları % 4,2 olup incelenen ağaç türleri içerisinde en yüksektir. Buna rağmen, diğer ağaç türleriyle kıyaslandığında pH değeri de en yüksek bulunmuştur [103]. Bunlara göre buharlanmış tomruklardan elde edilen kayın kaplamalarıyla buharlanmadan elde edilen kızılâğaç kaplamaları arasında pH değerleri bakımından bir farkın bulunması bir çok faktörden kaynaklanabilir. Ancak; yapılan çoğul varyans analizi sonucunda farklı emprenye maddeleri ile emprenyeli kaplamaların pH değerleri arasında % 5 yanılma olasılığı ile fark bulunmamıştır. Emprenye maddelerinin soyma kaplamaların pH'ına etkisi Şekil 21'de gösterilmiştir.



Şekil 21. Emprenye maddelerinin soyma kaplamaların pH'ına etkisi

Boraks ile emprenye kaplamaların pH değerini yükseltmiş ve 5,4 olan kayın kaplamaların pH değeri 7,80 , 5,28 olan kızılağaç kaplamalarınki ise 8,00 olmuştur. Boraks; yıkanabilen, alkali karakterli bir madde olması ve pH'ın sulu çözeltide ölçülmesi nedeniyle bu beklenen bir durumdur. Ancak pH değeri düşük olan kızılağaç kaplamaların, boraks ile emprenye sonucunda daha yüksek bir pH değerine sahip olması; emprenye işleminden sonra kaplamaların, endüstriyel şartlarda ikinci bir kurutma işlemine tabi tutulması sonucu kaplama türüne göre kimyasal değişmelerin farklı olmasıyla açıklanabilir. Boraksla emprenye işleminde, kurutma sıcaklığı ve alkali şartların buharlama yapılarak yapısı gevşetilmiş olan kayın kaplamaları daha çok etkilemesi mümkündür. Bu etki ile asetil gruplarının termik stabilitesi daha kolay bozularak, buharlanmamış olan kızılağaç kaplamalarına göre, daha fazla oranda odundan ayrılacaktır. Böylece ortaya çıkan asetik ve formik asit pH'ı bir miktar düşürecektir. Borik asitle emprenye edilenlerde ise; hidroliz şartlarının asit ortamda gerçekleşmesi nedeniyle, asetil gruplarındaki bu ayrılmalar kurutmada uygulanan sıcaklık şartlarında gerçekleşmemiş olabilir. Bilindiği gibi termik reaksiyonlar sonucu asetil gruplarının odundan ayrılması, alkali ortamlarda asit ortamlara göre daha belirgindir. Bu nedenle, borik asitle emprenye sonucunda oluşacak asidik hidrolizin kaplama pH'larını boraksla emprenyedeki kadar etkilememesi normaldir. Amonyum asetat ile emprenyede ise; sıcaklığın etkisiyle amonyak ve asetat aşağıda verilen formüle göre ayrışır. Burada amonyak, asetik aside göre öncelikle buharlaşır. Boraksla emprenye edilmiş kaplamalar için yukarıda yapılan açıklamalar, amonyum asetatın pH'ının nötr olması bakımından bununla emprenye edilmiş olan kaplamalar için de aynen geçerlidir.

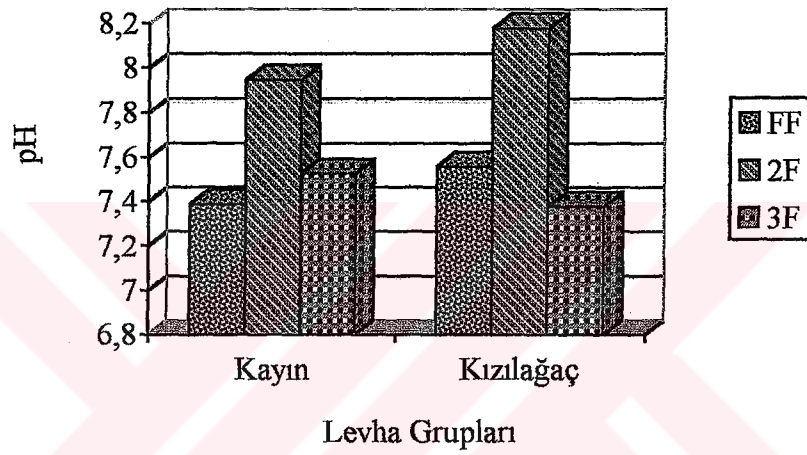


Odunun pH'ının belirlenmesinde kullanılan yöntemler, odun örneklerinin belirli süreler için bekletildiği sulu çözeltilerde yapılmaktadır. Dolayısı ile özellikle yıkanabilir emprenye maddeleriyle emprenye edilmiş odunlarda pH değişimleri daha belirgindir.

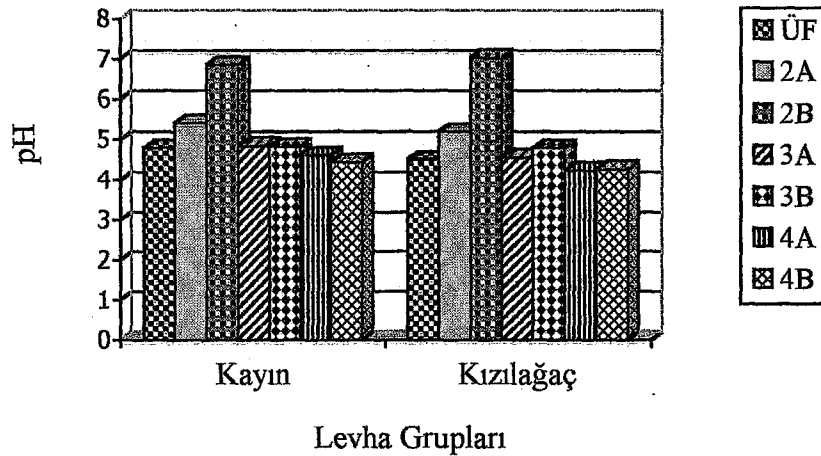
Emprenye maddeleri; ağaç türüne bağlı olarak kontrplakların pH'ını benzer şekilde etkilerken bu maddelerin uygulanma şekilleri arasında istatistiksel olarak fark vardır. Kaplamaların emprenyesi ile üretilen kontrplakların pH değerleri, bu maddelerin tutkala ilavesi ile üretilen kontrplaklarınkine göre daha fazla etkilenmiştir. Kaplamaların emprenyesi esnasında tüm odunsu kısmın bu emprenye çözeltisi ile etkileşimi söz konusu iken; emprenye maddesinin tutkala ilave edilmesinde bu etki, tutkal hattı ve preslemedeki sertleşme reaksiyonu esnasında tutkal ve emprenye maddesinin kaplama içersine penetrasyonu ile sınırlı kalmaktadır. Ayrıca; kaplamaların emprenyesinde uygulanan ikinci kurutma işlemi ile bu maddelerin kaplamalarda meydana getirebileceği değişim de göz ardı edilmemelidir.

Alkali karakterde olması sebebiyle en yüksek pH değerleri fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda elde edilmiştir. FF tutkalı ile üretilen levhalar hariç tutulduğunda tüm kızılâğaç kontrplakların pH değerleri kayın kontrplaklardan düşük bulunmuştur. Bu durum kızılâğaç kaplamaların pH değerinin kayın kaplamaların pH değerinden düşük olmasındandır. Ancak FF tutkalı ile yapılan üretimlerde; hem alkali şartlar hem de pres sıcaklığının ÜF tutkalı ile üretilenlere nazaran daha yüksek olması, asetil gruplarının termik stabilitelerini bozarak kopmasını sağlamıştır. Bu durumun buharlanmış tomruklardan elde edilen kayın kaplamalarda daha fazla etkili olacağı düşünülmektedir. Bunun sonucu asetik ve formik asit miktarlarının fazla olması FF ile üretilmiş kayın kontrplakların pH değerlerini kızılâğaç kontrplaklarınkine göre bir miktar daha düşürmüştür. Ü/F mol oranı yüksek olan ÜF tutkalı ile üretilen levhaların pH değerleri de, Ü/F mol oranı düşük olan ÜF tutkalı ile üretilenlerden daha yüksek bulunmuştur. ÜF tutkalları ile levha üretiminde presleme esnasında sertleştirici olarak kullanılan amonyum

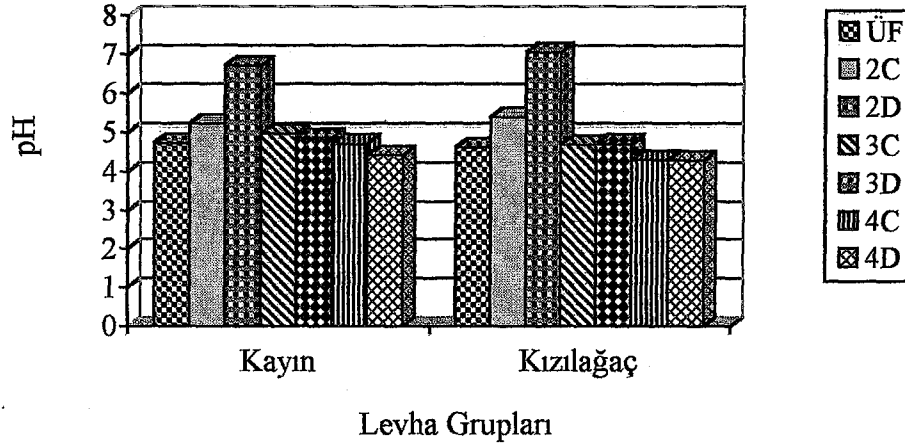
klorürün tutkaldaki serbest formaldehit ile reaksiyonu sonucu oluşan hidroklorik asit levhaların pH'ını etkileyen diğer bir faktördür. Bu reaksiyon sırasındaki hidroliz olayı levhanın pH'ını düşürür. Yapılan bir çalışmada; kaplamalardan ölçülen uçucu formik asit miktarının, bu kaplamalardan üretilen levhalardan daha fazla olması, kullanılan sertleştiricinin etkisi altında preslemede oluşan termohidroliz ile izah edilmiştir [136]. Kullanılan tutkal türüne göre emprenye maddesi tür ve uygulanma şeklinin kontrplakların pH değerleri üzerine etkisi Şekil 22, 23 ve 24'de gösterilmiştir.



Şekil 22. Fenol Formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların pH ortalama değerleri



Şekil 23. Mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların pH ortalama değerleri

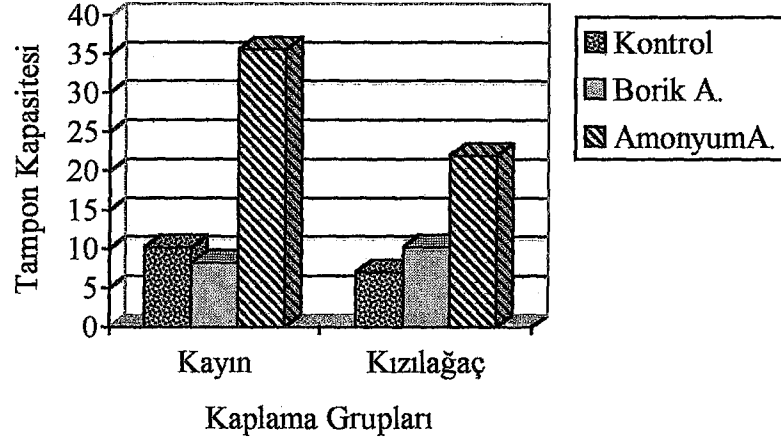


Şekil 24. Mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların pH ortalama değerleri

Kullanılan emprenye maddeleri içerisinde en düşük pH değerleri amonyum asetat ile en yüksek değerler ise boraks ile üretilmiş kontrplaklarda tespit edilmiştir. Amonyum asetat'ın % 5'lik çözeltisinin pH değeri 6,74 olarak belirlenmiştir. Ancak amonyum asetat içerisindeki asetat anyonu levha üretimi esnasında özellikle preslemede ayrılarak levhaların pH'ını düşürmüş olabilir. Yine boraks alkali karakterde olup (% 5'lik çözeltisinin pH= 9,30) levhaların pH'ını yükseltmesi normaldir.

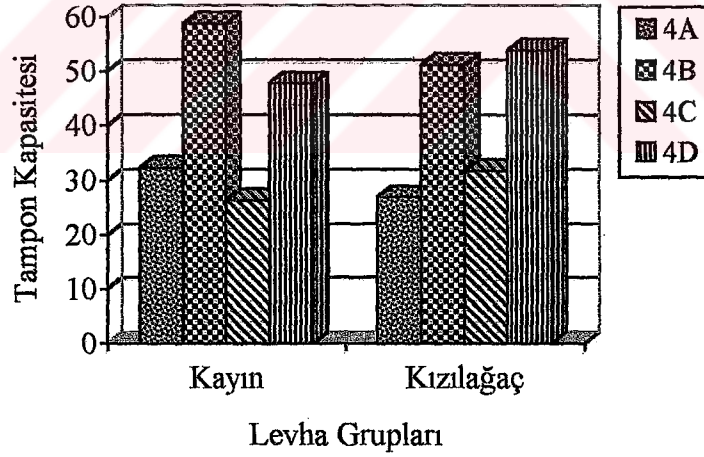
4.3.2. Tampon Kapasitesi

Borik asit ile emprenye işlemi kayın kaplamaların tampon kapasitelerini kontrol gruplarına göre bir miktar düşürdüğü halde, kıızılağaç kaplamalarda artırmıştır. Amonyum asetat ile emprenye işlemi her iki ağaç türünden elde edilen kaplamaların tampon kapasitelerini önemli oranda artırmıştır. Kullanılan emprenye maddelerinin kaplamaların tampon kapasitesi değerlerine etkisi Şekil 25'te gösterilmiştir.



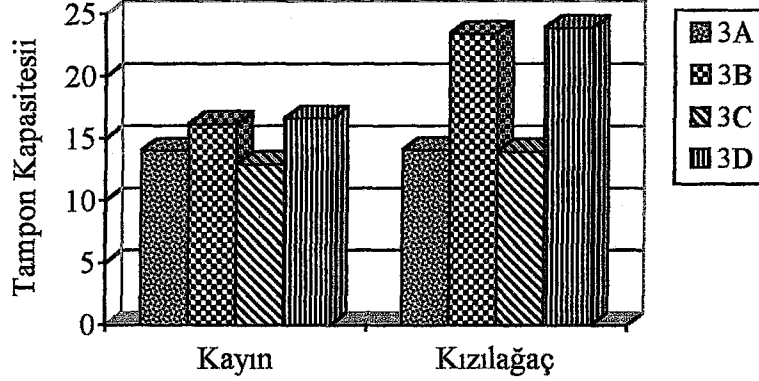
Şekil 25. Emprenye maddelerinin kaplamaların tampon kapasitelerine etkileri

Fenol formaldehit tutkalıyla üretilen kontrplaklar ile boraks ile emprenyeli kızılağaç kaplamalardan üretilen kontrplakların pH'ı alkali özellik göstermeleri nedeniyle, tampon kapasiteleri belirlenememiştir.



Şekil 26. Amonyum asetat ile üretilmiş kontrplakların tampon kapasitesi ortalama değerleri

Borik asit ve özellikle amonyum asetat ile üretilen tüm kontrplak gruplarının tampon kapasiteleri önemli oranda artmıştır (Şekil 26, 27). Bu artışlar emprenyeli kaplamalardan üretilen levhalarda önemli oranda daha fazladır.

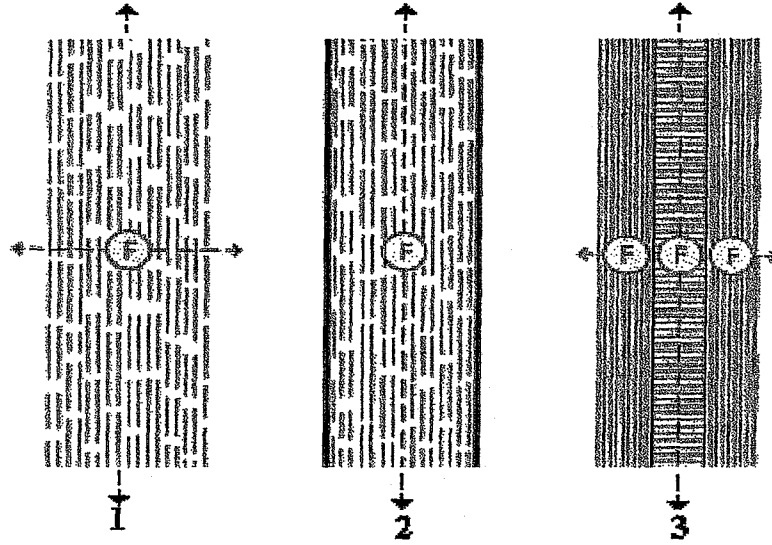


Şekil 27. Borik asit ile üretilmiş kontrplakların tampon kapasitesi ortalama değerleri

4.4. Emisyonlar

4.4.1. Formaldehit Emisyonu

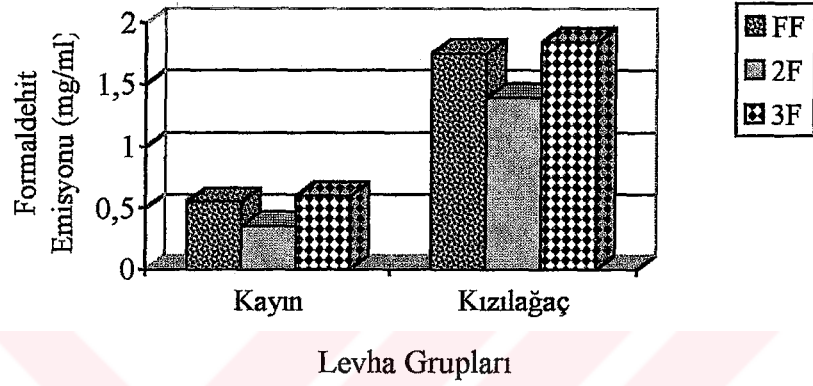
Kayın kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarları, kızılğaç kontrplaklarından daha düşük bulunmuştur. Odun kökenli bir üründen kullanım yerinde ayrılan formaldehit miktarı; kalınlık, yoğunluk, porozite ve yüzey karakteristikleri gibi ürüne özgü çeşitli unsurlara bağlıdır. Deneme levhalarından ayrılan formaldehit miktarları desikatör yöntemi ile belirlenmiş olup, bu yöntemde ayrılan formaldehit miktarı diğer yöntemlere nazaran, levha üretiminde kullanılan kaplamaların porozitesinden daha fazla etkilenmektedir. Kontrplaklarda dış tabakalar, yüzey kaplama malzemesi gibi, iç tabakalardaki formaldehitin çıkışını engelleyen bir bariyer şeklindedir (Şekil 28). Dolayısı ile levhanın üretildiği kaplamaların geçirgenliği son derece önemlidir. Yoğunluğun fazla olması formaldehit ayrışmasını sınırlandırır. Kayın kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarının daha düşük olması yoğunluğunun daha fazla olması ile izah edilebilir.



Şekil 28. Odun kökenli levhalarda formaldehit çıkış yolları(1-Yonga levha, 2-Yüzeyi kaplanmış yonga levha, 3-Kontrplak)

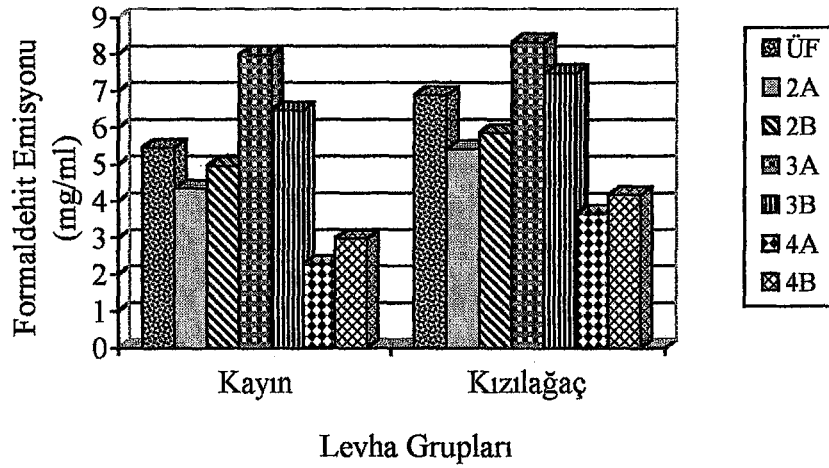
Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların formaldehit emisyonu ÜF tutkalları ile üretilenlerden önemli oranda düşük çıkarken, Ü/F mol ilişkisi yonga levhalarda olduğu gibi kontrplaklardaki formaldehit emisyonuna da etkili olmuştur. Ü/F mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilen levhaların formaldehit emisyonları Ü/F = 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilenlerden çok daha fazla çıkmıştır. Aminoplast (ÜF, MUF) ve fenoplast (FF, RF) reçineler formaldehit içeren maddeler olarak benzer olmalarına rağmen aralarında büyük farklılıklar mevcuttur. Aminoplastlarda formaldehit, çeşitli bağlar yapacak şekilde amino grupları ile reaksiyona girer. Genelde ÜF ve MUF reçinelerinin oluşumunda meydana gelen bağlanma reaksiyonları tersinirdir (geri dönüşlü). Bu nedenle kararlılığında önemli farklar vardır. Üre; formaldehit ile kolaylıkla hidrolize olabilen bağlar oluşturur. Metilen bağları metilen eter bağlarından çok daha karardır. Metilol grupları kolaylıkla kopar. Rutubet varlığında ÜF reçinesi yavaş bir şekilde hidroliz olmakta, asidik koşullarda ve yüksek sıcaklıklarda bu durum şiddetlenmektedir. Fenoplastlarda da başlangıçta fenol ve diğer fenolik bileşikler metilol grupları oluşturmak üzere formaldehit ile reaksiyona girer. Aminoplastlarda ise metilol grupları bir azot atomuna bağlanırken fenoplastlarda aromatik halkanın bir karbon atomuna bağlanmaktadır. C-C bağları hidrolize karşı karardır. Bununla birlikte fenolik metilol gruplarının formaldehit emisyon kaynağı olabileceğinin göz ardı edilemeyeceği ortaya konmuştur. Fenollerin daha ileri reaksiyonları ile metilen, etilen ve metilen-eter köprüleri oluşur. Fenoplastlardaki bu reaksiyonlar ise tersinir değildir. Böylelikle reçine formülasyonuna yeterli (gerekli) miktarda katılan formaldehit

reçine sertleştikten sonra daha ayrışmaz. Bu koşullar altında bir fenolik reçineden ayrılan formaldehit daima fenol ile formaldehitin tamamlanmamış bir reaksiyonundan veya tutkal formülasyonundaki aşırı formaldehit (veya paraformaldehit, hexametilentetramin) varlığından kaynaklanmaktadır[22]. Ağaç türü ve tutkal türüne göre kullanılan emprenye maddelerinin formaldehit emisyonu üzerine etkisi Şekil 29, 30 ve 31’de gösterilmiştir.

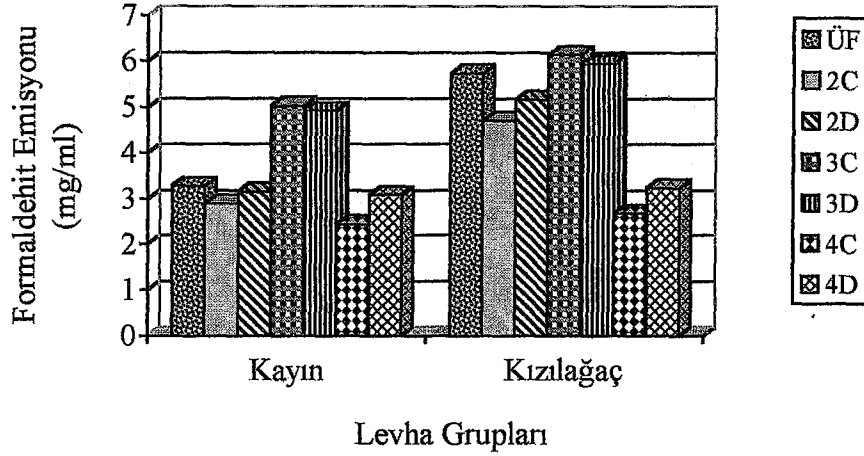


Şekil 29. Fenol Formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların formaldehit emisyonu ortalama değerleri

Formaldehit mol oranı, ÜF reçinelerinde formaldehit ayrışmasını etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Formaldehit ayrışmasının mol oranının azaltılması ile önemli ölçüde azaltıldığı ancak bu durumun diğer tutkal karakteristiklerini olumsuz yönde etkilediği literatürde mevcuttur [137,138].



Şekil 30. Mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların formaldehit emisyonu



Şekil 31. Mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların formaldehit emisyonu

Kaplamaların emprenyesi, bunlardan üretilen kontrplakların formaldehit emisyonunu etkilemiştir. Boraks; formaldehit emisyonunu azaltıcı etki yaparken, borik asit ile emprenye bu durumun aksine formaldehit emisyonunu arttırmıştır. Alkalin koşullarda özellikle yüksek sıcaklıklarda, odunda bazı reaksiyonlar meydana gelmektedir. Bunların en önemlileri degrade olmamış polisakkaritlerin çözünmesi, alkali stabil son gruplar ile son grupların soyulması reaksiyonu ve asetil gruplarının alkalin hidrolizidir [122]. Asetil grupları odunda hemiselüloz içindeki şeker üniteleri ile esterleşmiş olarak bulunur [100,123]. Boraks alkali karakterde olması sebebiyle (% 5'lik sulu çözeltisi pH=9,30) presleme esnasında uygulanan sıcaklığın da etkisiyle asetil gruplarının hidrolizine neden olmuş olabilir. Bu reaksiyonların sonucunda açığa çıkan asetik asit formaldehiti bağlayıcı etki yapmaktadır. Ayrıca kaplamaların pH değerini nötr civarına yükselterek ÜF reçinesinin hidrolize olabilirliliğini azaltmış olması muhtemeldir. Bilindiği gibi ÜF reçineleri asidik koşullarda daha fazla hidrolize uğramaktadır [22]. Borik asit ile emprenye edilen kaplamalardan üretilen levhaların formaldehit emisyonunun artması da bunu destekler niteliktedir.

Gerek emprenyeli kaplamalardan üretilen, gerekse emprenye maddesinin tutkal hattına ilave edildiği levha gruplarının tümü dikkate alındığında en düşük formaldehit emisyonu değerleri amonyum asetat ile üretilen levhalarda tespit edilmiştir. Amonyak, amonyum tuzları veya üre ile ön muamele esasına dayanan formaldehit emisyonunu

azaltan veya minimize eden pek çok yayın, rapor ve patent mevcuttur [22,139]. Amonyak tuzlarındaki aktif bağlayıcı amonyaktır. Amonyak ile muamele sadece levhadaki serbest formaldehiti bağlayıcı etki yapmaz aynı zamanda boraks ile muamelede olduğu gibi pH değerini yükselterek asiditeyi etkiler.

4.4.2. Asit Emisyonu

Yüksek sıcaklık ve bağıl nem şartları altında odundan uçucu asitlerin ayrıştığı bilinmektedir. Formik ve asetik asit gibi odundan ayrılan uçucu asitler çeşitli mekanizmalar sonucunda oluşurlar ve teknolojik bir öneme sahiptirler. Belli konsantrasyonlarda metallerde korozyona neden olabilirler [22]. Örneğin; asetik asit 0,5 ppm konsantrasyonda metal korozyonuna neden olabilmektedir [103]. Ayrıca sentetik vernik ve tutkalların sertleşmesi üzerine etkisi, odun koruyucuların fikse olmaları, kağıtlarda sararma gibi etkilerinden dolayı endüstriyel açıdan oldukça önemlidirler [3,4].

Bu çalışmada deneme levhalarından normal oda şartlarında ayrılan uçucu asetik asit miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Desikatör içersinde 20 °C'de bekletilen kontrplak örneklerinin asit yayılımı absorpsiyon çözeltilisinden ölçülmüş ve kızılğağaçtan üretilen kontrplakların emisyon değerleri kayından üretilenlere nazaran daha yüksek bulunmuştur. Ayrılan asit miktarları ile ilgili değerlendirmeler yapılırken; formaldehit emisyonunda olduğu gibi, termik işlemler ile uygulanan emprenye işlem ve maddelerinin tutkal ve odunla olan kimyasal reaksiyonları yanında, kaplamanın üretildiği odun türünün yoğunluğu ve difüzyon özellikleri de dikkate alınmalıdır. Çünkü; asit ve formaldehit emisyonu açısından etkili olan reaksiyonlar presleme esnasında tutkal hattında meydana gelmektedir. Kontrplak ile diğer levha ürünleri (yonga levha, MDF..gibi) kıyaslandığında, reaksiyonların meydana geldiği tutkal hattının bir kaplama ile tamamen kapalı olması, dolayısıyla yüzeyde tutkal tabakasının olmaması, emisyon miktarlarının büyük oranda bu kaplama tabakasının özelliklerine bağlı olmasına neden olmaktadır. Bu bakımdan kaplamanın anatomik yapısı ve difüzyon özellikleri ön plana çıkabilir. Çalışmada kullanılan kayın kaplamalar buharlanmış tomruklardan üretilirken, kızılğağaç kaplamalar buharlanmaksızın üretilmişlerdir. Literatürde buharlama ile, sıcaklık ve süreye bağlı olarak holoselüloz, alfaselüloz ve hemiselülozlarda tedrici bir azalma [140], suda çözünebilir madde miktarında ise artma gözlendiği bildirilmektedir [141]. Odunun buharlanma işlemi

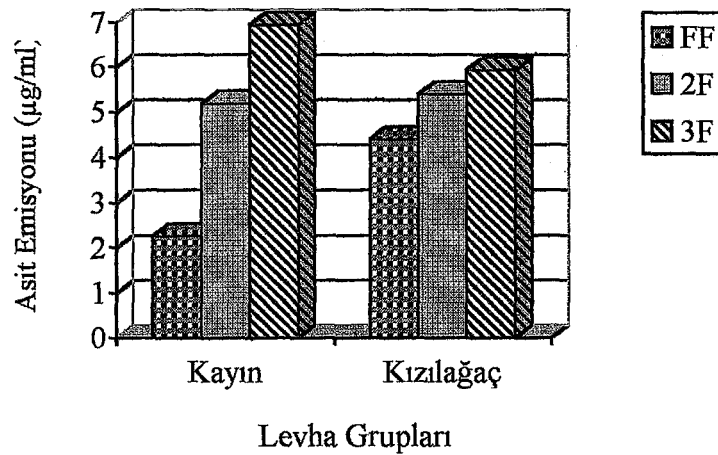
bir nevi buhar destilasyonu olup; odundan buhar destilasyonu ile izole edilen bileşenler, terpenleri içeren uçucu fraksiyon ile fenoller, hidrokarbonlar ve lignanlardır [123]. Buharlama işlemi yapılmamış tomruklardan elde edilen kızılâğaç kaplamalardan üretilen kontrplakların asit emisyonunun, buharlanmış tomruklardan üretilen kayın kontrplaklarından ayrışandan fazla bulunmasının nedeni bu açıdan da düşünölmelidir.

Kızılâğaçtan üretilen kontrplakların hem formaldehit hem de asit emisyonunun kayın kontrplaklardan fazla olması, daha çok difüzyon direnciyle ilgilidir. Yüzey kaplama malzemelerinin difüzyon direncinin formaldehit emisyonu üzerine etkili olduğu literatürde verilmiştir [142].

Odundan ayrışan asitlerin miktarı; ağacın kimyasal yapısına ve uygulanan işlemlere de bağlıdır. Her bir ağaç türünün kimyasal yapısı, bir diğetine göre oldukça farklı olup aynı tür içerisinde bile farklılıkların olması mümkündür. Bu nedenle ayrışabilecek potansiyel asit miktarı da farklıdır. Örneğin; yapılan bir çalışmada meşenin diri ve öz odunu arasında formik ve asetik asit miktarı bakımından fark bulunduğu belirlenmiştir [4]. Bir başka çalışmada ise; 48 °C sıcaklıkta ve yüksek bağıl nem koşullarında depolama sonucunda uçucu organik asitlerin miktarında değışmeler meydana geldiği ve meşe odununun serbest asit miktarının douglas odunununkinden üç kat fazla olduğunu tespit edilmiştir [143]. Aynı araştırmada, uçucu asitlerin miktarının odunun asetil grupları ile ilişkili olmadığı, asetil grupları oranı az olmasına rağmen meşe odunundan ayrışan asit miktarının, asetil grupları oranı bakımından zengin olan kayına göre daha fazla olmasına bağlanarak, açıklanmaktadır. Ancak bu ifadeler çalışmada kullanılan termik şartlara da bağlıdır. Çünkü WKI şişe yöntemiyle 40 °C sıcaklıkta yapılan başka bir incelemede meşe yongalarının absorpsiyon çözeltisinin pH değeri; kayın, çam ve ladinden daha düşük bulunmuştur [103]. Halbuki kayının asetil grupları % 4,2 olup incelen ağaç türleri içerisinde en yüksektir. Buna rağmen, diğere ağaç türleriyle kıyaslandığında pH değeri de en yüksek bulunmuştur. Yine aynı çalışmada, aynı sıcaklık ve süre şartlarında, asetil grupları oranı % 1,4 olan çam yongalarının formik asit miktarı en fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu açıklamalara göre odun türlerine göre elde edilen bu farklı sonuçlar; ağacın yaşı, kesim zamanı, yetiştirme bölgesi v.b. gibi faktörlere göre değışme gösterebileceği düşünölebilir. Ancak bahsedilen çalışmada; bu farklılıkların odunun termo-hidrolyz şartlarıyla ilgili olabileceği tahmin edilerek, aynı odun örneklerinin 103 °C sıcaklıktaki

absorbsiyon çözeltilerinde asetik ve formik asit miktarları da araştırıldığında kayın odunundan, ladine göre daha fazla asetik asit daha az formik asit ayrıştığı belirlenmiştir. Diğer taraftan asetil grupları miktarı kayından düşük olan meşe odunundan yüksek sıcaklık şartlarında elde edilen absorbsiyon çözeltilerindeki uçucu asit miktarları, kayın odunundan çok fazla bulunmuştur. Bu açıklamalardan; uçucu asitlerin ayrışma miktarının, odun türlerinin asetil gruplarının termik stabilitesine de bağlı olduğu anlaşılmaktadır.

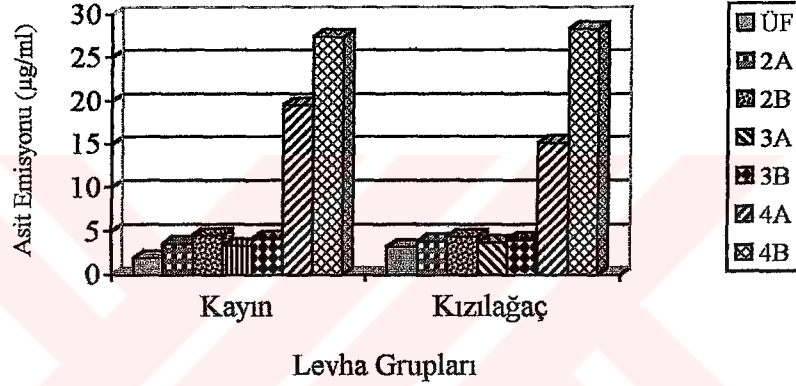
Tutkal türleri dikkate alındığında en yüksek asit emisyonu değerleri fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda tesbit edilmiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile kontrplak üretiminde; sertleşme reaksiyonunun alkali koşullarda gerçekleşmesi, alkalin soyulma reaksiyonlarına hassas asetil gruplarının ayrışmasını artırır. Ayrıca bu tutkalın sertleşmesi için uygulanan sıcaklık ÜF tutkalları için uygulananlardan fazladır. Dolayısı ile asetil gruplarının ayrışmasında termik işlemlerin daha şiddetli olması muhtemeldir. Formaldehit mol oranı yüksek olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların asit emisyonlarının fazla olması presleme işlemi esnasında HCl oluşumunu daha belirgin hale getireceği için bu tür kontrplakların asit yayılımı daha fazladır. Ağaç türü ve tutkal türüne göre kullanılan emprenye maddelerinin asit emisyonu üzerine etkileri Şekil 32, 33 ve 34'de gösterilmiştir.



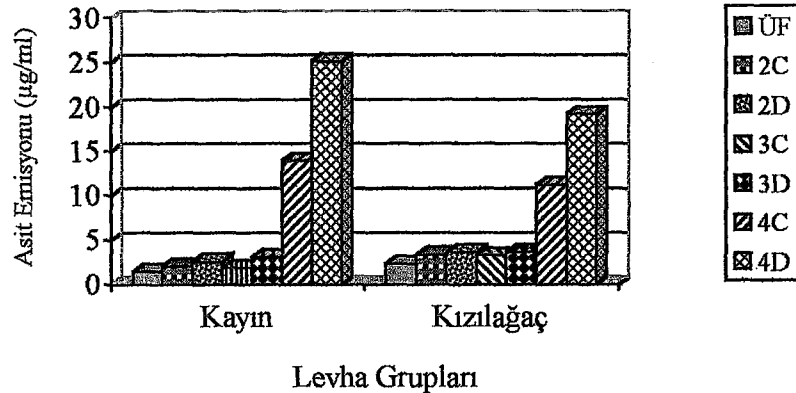
Şekil 32. Fenol Formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların asit emisyonu ortalama değerleri

Üre-formaldehit reçinesi kullanılarak üretilen yonga levhalarda asidik pH'ın koşullarında da asetil gruplarının odundan ayrıldığını bilinmektedir [102]. Ancak bu

kimyasal değişmelerin kontrplak üretiminde kullanılan kaplamalardaki sonucunun daha farklı olacağı düşünölmelidir. Çünkü kaplamaların üretiminden önce, çoğu ağaç türü için, tomruklar bir ön hidroliz olan, 60 °C – 80 °C arasındaki sıcaklıklarda buharlama işlemine tabi tutulmaktadır. Ayrıca yongalar kaplamalara göre daha şiddetli kurutma şartlarında % 1 – 3 e kadar kurutulmaktadır. Pres sıcaklığı da yonga levha üretiminde 170 – 220 °C yi bulurken, bu kontrplak üretiminde 110 – 140 °C arasındadır. Bu bakımdan asetil gruplarının ayrışma miktarının, kaplamaların üretim şartları sırasındaki termik işlemlerin daha ılımlı olması nedeniyle, daha az olması muhtemeldir.



Şekil 33. Mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların asit emisyonu



Şekil 34. Mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların asit emisyonu

Çalışma sonuçlarına göre; emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların asit emisyonları, emprenye maddesinin tutkala ilave edildiği kontrplaklara göre daha yüksektir. Emprenyeli kaplamalara uygulanan ikinci kurutma işlemi, odundaki termik nedenli

kimyasal değişimleri arttırabilir. Kullanılan emprenye maddelerinin odun bileşenleri ile reaksiyonları; kurutma sıcaklığına bağlı olarak şiddetlenerek kararlılığı, selüloz ve lignine göre daha düşük olan hemiselüloz kısımlarını bozundurarak daha fazla asetil gruplarının ayrışmasına neden olmuş olabilir. Emprenye maddelerinin tutkal hattına ilave edildiği üretimlerde; termik nedenli değişimler sadece presleme esnasında meydana gelmekte olup bu durum tüm kontrplak grupları için de geçerlidir.

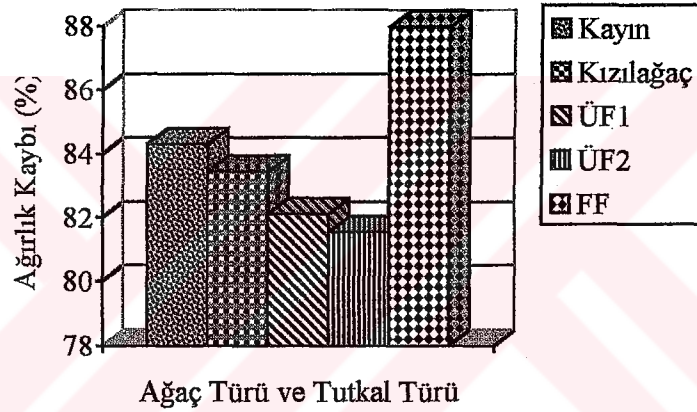
Tüm gruplar dikkate alındığında, en fazla asetik asit ayrışması, amonyum asetat ile üretilmiş kontrplaklarda gerçekleşmiştir. Amonyum asetat; preslemede uygulanan sıcaklığın etkisiyle parçalanma ürünleri olan amonyak ve asetik asidi oluşturacağı için bu beklenilebilir bir sonuçtur.

4.5. Yanma Özellikleri

4.5.1. Ağırlık Kaybı

Kayın kontrplakların yanma sonucunda oluşan ağırlık kayıpları, kızılağaçtan üretilen kontrplakların ağırlık kayıplarından fazladır. Ağaç malzemenin; özgül ağırlık, rutubet miktarı, kalınlık ve tutuşma kabiliyeti yanında anatomik yapısının da yanma hızı üzerine etkisi vardır. Anatomik yapı ile fiziksel ve kimyasal özellikler göz ardı edildiğinde ağaç türleri; yanma hızlarına göre üç sınıfa ayrılmakta olup, kayın ve kızılağaç türleri “orta hızda yananlar” sınıfında (özgül ağırlıkları 300 ile 1000 kg/m³ arasında olan ağaçlar) yer almaktadır. Ağacın halkalı yada dağınık traheli olması; trahelerin, yanma esnasında oluşan gazların içeriden dışarıya atılmasını sağlayarak yanmayı hızlandırmaları bakımından önemlidir [144]. Kayın ve kızılağaç türleri dağınık traheli olup bu bakımdan da aralarında fark yoktur. Ancak kontrplak üretiminde kullanılan kayın tomrukların buharlanmış olması; yanmada oluşacak gazların iletimini kolaylaştıracak şekilde, yapının gevşemesini sağlayarak yanmayı hızlandırmış olabilir. Böylelikle daha hızlı yanan kayın kontrplaklarının ağırlık kayıplarının daha fazla olması buharlama sonucunda yapısının gevşemesi ile açıklanabilir. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplaklar dikkate alındığında en büyük ağırlık kayıpları fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda tespit edilmiştir. Ancak en uzun yanma süreleri de yine fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplak gruplarında belirlenmiştir. Boraks ve borik asit ile emprenyeli

kaplamalardan fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhanın yanma süresinin hem fenol formaldehit ile üretilen kontrol gruplarından, hem diğer levha gruplarından çok daha uzun olması sonucunda ağırlık kayıplarının da daha çok olduğu söylenebilir. Üre formaldehit tutkalları ile üretilen kontrplaklarda yanma sonucu oluşan ağırlık kayıplarının daha az olmasının nedeni; bu tür reçine sistemlerinin yanmayı geciktiren özellikte olmalarındandır. Amino reçine sistemlerinin yanmayı geciktiren kimyasallar olarak kullanımı ve performanslarının iyileştirilmesine yönelik çalışmalar literatürde mevcuttur [57,58,59]. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda ise yanma süresi çok daha uzun olduğundan ağırlık kayıpları daha fazla olmuştur. Ağaç türü ve tutkal türünün yanma sonucu levhalarda meydana gelen ağırlık kayıpları üzerine etkisi Şekil 35’de gösterilmiştir.

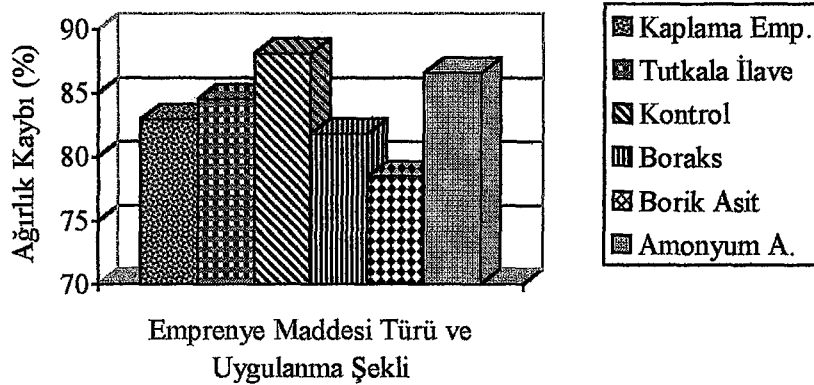


Şekil 35. Ağaç türü ve tutkal türünün kontrplakların yanmada oluşan ağırlık kaybına etkisi

Gerek kaplamaların emprenyesi edilmesi, gerekse bu maddelerin tutkal hattına ilave edilmesi ile üretilen tüm kontrplaklar dikkate alındığında ağırlık kayıplarını azaltmakta en etkin madde borik asit olmuştur. Borik asit ile üretilen kontrplaklarda ortalama % 78 oranında bir ağırlık kaybı gerçekleşirken bu oran boraksla üretilen levhalarda ortalama % 81 kadardır. En düşük ağırlık kaybı % 73'lük bir değerle Borik asit ile emprenyeli kızılğaç kaplamalardan üretilen kontrplaklarda tespit edilmiştir. Yanmayı geciktiren kimyasallar; piroliz sıcaklığını düşürüp kömür miktarını artırmak ve tutuşabilen uçucu gazların miktarını azaltmak suretiyle, odunun yanma kimyasını değiştirmektedirler [41,51,58]. Asidik özellik gösteren kimyasalların, bunu daha etkin bir şekilde sağladığı bilinmektedir. Asidik tuzlar yanma esnasında tutuşabilen uçucu gazların miktarını azaltmak ve kömür miktarını artırmak üzere asit ayrıştırırlar ve bu nedenle daha etkin

yanmayı geciktirici kimyasallardır [58]. Amonyum asetatın ise; yanmada oluşan ağırlık kayıplarını azaltmaya yönelik bir etkisi tespit edilememiştir.

Emprenye maddelerinin uygulanma şekilleri karşılaştırıldığında ise; kaplamaların emprenyesinin ağırlık kayıplarını azaltmada daha etkili olduğu belirlenmiştir. Emprenye maddesinin tutkal hattına ilavesi durumunda; ağırlık kayıplarının daha fazla olması, yanmayı geciktirici etkinin sadece tutkalın sertleşmesi sırasında oluşan penetrasyon derinliğine bağlı bulunması ile izah edilebilir. Diğer durumda ise, koruyucu etki tüm levhada ve özellikle yüzey kısımlarında yoğunlaşmış şekilde bulunmaktadır. Emprenyeli kaplamalardan kontrplak üretimi esnasında uygulanan sıcak presleme yanmayı geciktirme ve yanma dayanımını arttırmada ilave bir katkı sağlamaktadır. Sıcak preslemede uygulanan basınç ve sıcaklığın etkisi emprenye maddesinin levha yüzeyindeki konsantrasyonunu ve odun yoğunluğunu arttırmaktadır. Böylelikle yanma dayanımı artmaktadır. Burada odundaki yanmayı geciktirme etkisindeki artış; alev yayılımının azalması ve alev penetrasyonunun bir ölçüde önlenmesi ile izah edilebilir [145]. Yüzeydeki kaplamada oluşan konsantre yanmayı geciktirici etki, yanmada daha iyi bir karbonlaşmış tabaka oluşturur. Odunun yanma direncini arttırmak için karbonlaşmış tabakanın nerede oluşacağı önemlidir. Yanmayı geciktirici etkinliğin yüzeyde yoğunlaşmış olması alev yayılımı ve yanma penetrasyonunu önlemek bakımından daha etkilidir [146]. Bu nedenle, emprenyeli kaplamalardan üretilen levhaların ağırlık kayıplarının daha düşük olması, yüzeylerinde daha yoğun yanmayı geciktirici etkinliğe sahip olmalarıyla izah edilebilir. Emprenye maddesi tür ve uygulanma şeklinin yanmada oluşan ağırlık kayıplarına etkisi Şekil 36'da gösterilmiştir.

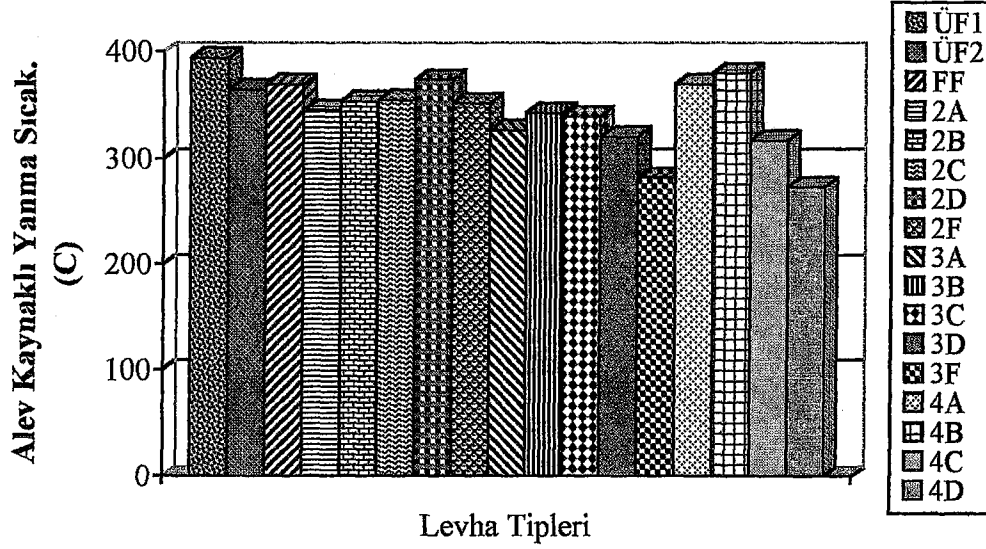


Şekil 36. Emprenye maddesi türü ve uygulanma şeklinin kontrplakların yanmada oluşan ağırlık kaybına etkisi

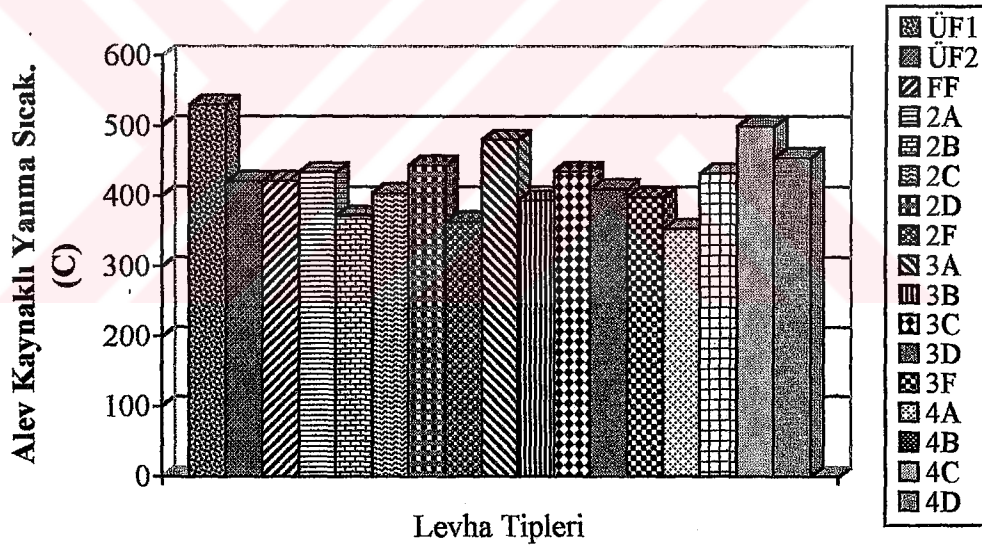
4.5.2. Yanma Sıcaklıkları

Emprenyeli kontrplakların alev kaynaklı ve kendi kendine yanma sıcaklığı değerleri kontrol gruplarından daha düşük bulunmuştur. Yanmayı önleyici etkinin önemli bir göstergesi sayılan alev kaynaklı yanma sıcaklığı ve kendi kendine yanma sıcaklığı derecelerinde önemli bir oranda azalma belirlenmiştir. Yanma sıcaklıklarının emprenyeli kontrplaklarda kontrol kontrplaklarından daha az bulunması yanmaya karşı bir mukavemet olduğunu göstermektedir. Kullanılan emprenye maddesi tür ve uygulama şekli ile tutkal türünün kontrplakların alev kaynaklı yanma sıcaklıklarına etkisi kayın kontrplaklar için Şekil 37’de, kızılğaç kontrplakları için Şekil 38’de gösterilmiştir.

Alev kaynaklı yanma mukavemetinin artması; emprenye maddelerinin, kaplama yüzeylerini kaplaması, tutkal ve/veya sertleştirici (amonyum klorür) ile reaksiyona girmesi suretiyle sertleşmeyi artırması, yanma sırasında tutuşma ve alevlenmeyi geciktiren gazlar veya kömür tabakası oluşturmaları gibi etkilerden dolayı yanmaya karşı koruyucu bir yüzey meydana gelmesinden kaynaklanabilir. Zira, amonyum sülfat, borik asit, boraks ve tanalith-CBC gibi suda çözünen tuzlardaki asitli maddelerin formaldehit ile reaksiyona girerek; sertleşmeyi artırdıkları, yanma sırasında tutuşmayı geciktiren gaz (amonyak, sülfürik asit vb.) veya eriyikler (borat, kromat, sodyum vb.) oluşturdukları literatürde belirtilmektedir [147]. Ayrıca preslenmiş malzemelerin yüzeylerinde emprenye maddesi konsantrasyonunun ve levha yoğunluğunun artması yanma/tutuşma olayının gerçekleşmesini daha zorlaştırmış olabilir. Bu durum da yine yanma mukavemetinin artışı sağlar.



Şekil 37. Kayın kontrplaklarının alev kaynaklı yanma sıcaklığı değerlerine kullanılan emprenye maddeleri tür ve uygulanma şekilleri ile tutkal çeşidinin etkisi

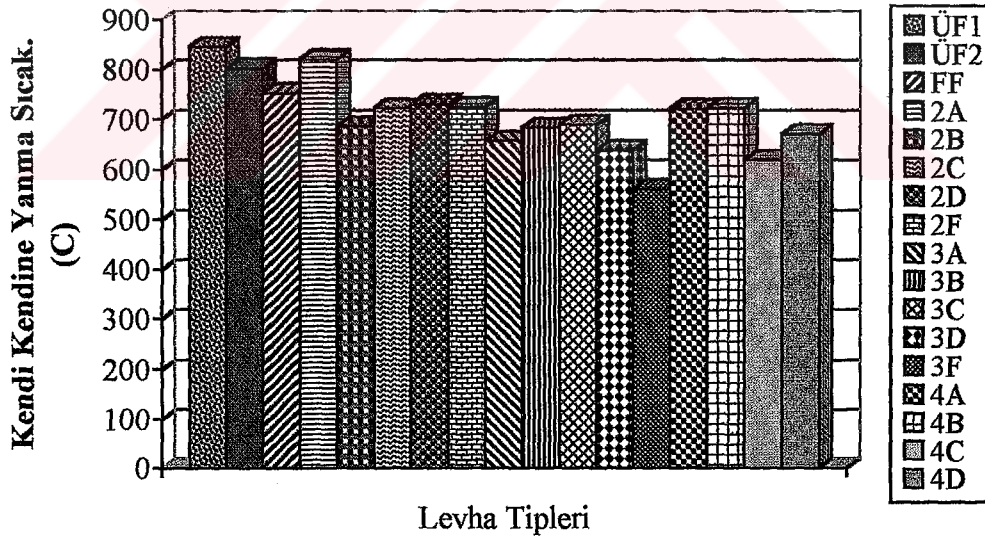


Şekil 38. Kızılağaç kontrplaklarının alev kaynaklı yanma sıcaklığı değerlerine kullanılan emprenye maddeleri tür ve uygulanma şekilleri ile tutkal çeşidinin etkisi

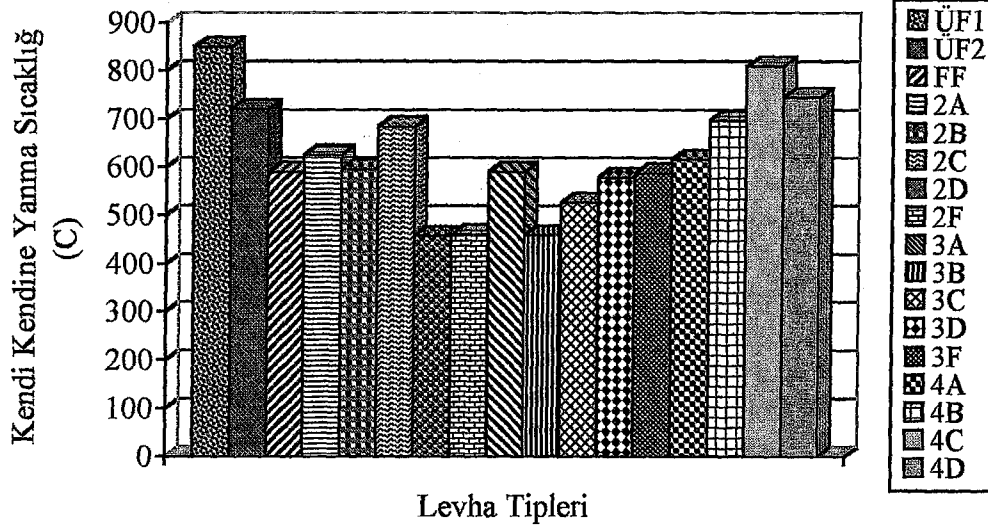
Emprenyeli kontrplaklarının alev kaynaksız kendi kendine yanma sıcaklıkları ortalama değerleri de yine kontrol gruplarından düşük bulunmuştur (Şekil 39, 40). Yaygın kabul gören kimyasal teoriye göre; yanmayı geciktiren kimyasallar piroliz sıcaklığını düşürerek muameleli malzeme yüzeyinde kömür tabakası oluşturmak suretiyle malzemenin yanma kimyasını değiştirmektedirler. Dolayısı ile uygulanan işlemin etkinliğinden bahsedebilmek için; yanma sırasındaki sıcaklık değerlerinin düşmesi gerekmektedir.

Genellikle boraks ile üretilen kontrplakların her iki ağaç türü için de kendi kendine yanma süreleri kontrol gruplarına yakın, borik asitle üretilenlerinki ise önemli oranda daha uzun bulunmuştur. Ayrıca amonyum asetatla muamele edilmiş kontrplakların da alev kaynaksız kendi kendine yanma süreleri kontrol gruplarından daha fazladır. Bu durum; yanma esnasında, amonyum asetatın yanmayı geciktirici bir etkisi olmasa bile, ortaya çıkan ısının bir kısmını parçalanma ürünleri olan amonyak ve asetik asit'i oluşturmak üzere absorplaması ile açıklanabilir.

İki tip ÜF tutkalı ile üretilen gruplar arasında yanma süreleri açısından belirgin bir fark görülmezken, fenol formaldehit tutkalı ile üretilen grupların yanma süreleri bunlardan daha fazladır. Ancak yanmayı geciktirici etkinlikten bahsedebilmek için yanma süreleri ağırlık kayıpları ile ele alınmalıdır. Yanma süresinin uzaması, yanma esnasında can ve mal kurtarmak açısından oldukça önemlidir.



Şekil 39. Kayın kontrplaklarının alev kaynaksız kendi kendine yanma sıcaklığı değerlerine kullanılan emprenye maddesi tür ve uygulama şekli ile tutkal türünün etkisi

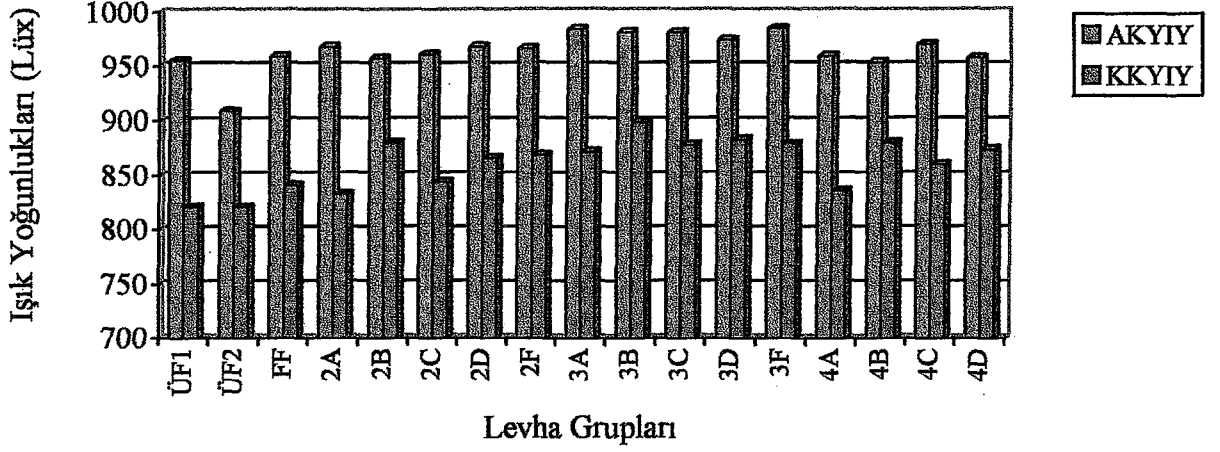


Şekil 40. Kızılğaç kontrplaklarının alev kaynaksız kendi kendine yanma sıcaklığı değerlerine kullanılan emprenye maddesi tür ve uygulama şekli ile tutkal türünün etkisi

Sonuçlara dikkat edildiğinde; kızılğaç kontrplaklarının alev kaynaksız kendi kendine yanma sıcaklıklarına ait ortalama değerlerin emprenye maddesi kullanımı ile daha fazla düştüğü görülmektedir. Bu durum emprenye maddelerinin, elde edilen retensiyon miktarlarında, yanmaya karşı sağlanan direncin kızılğaç kontrplaklarda daha fazla olmasından kaynaklanabilir. Yanmada meydana gelen ağırlık kayıplarının kızılğaç kontrplaklarda daha düşük olması da bunu doğrular niteliktedir.

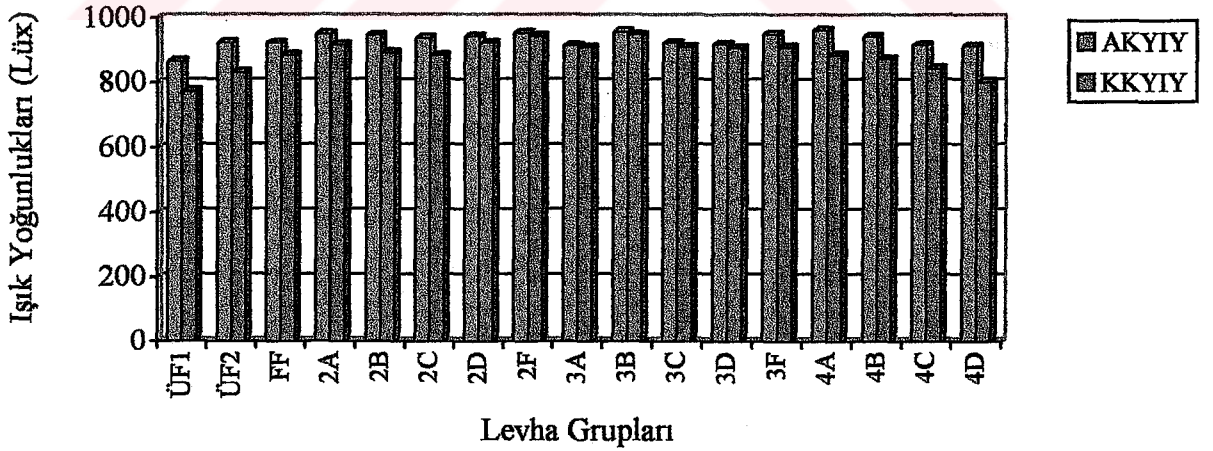
4.5.3. Işık Yoğunlukları

Bir yanma olayında; belki de alevli yanmadan çok daha önemlisi yayılan duman etkisiyle meydana gelen zehirlenme ve boğulmalar olduğundan, duman yoğunluğu da dikkate alınmalıdır. Duman oluşumu; binalardaki yanma esnasında insan hayatı için en büyük tehlikeyi oluşturur [39,43]. Pek çok bina yangınında, çökme gerçekleşmeden oluşan duman sonucu, insanların zehirlendikleri bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada yangın esnasında ölenlerin % 89'unun oluşan gazlardan zehirlendiği ve yalnızca % 11'inin yanarak öldüğü tespit edilmiştir [148].



Şekil 41. Kayın kontrplaklarının alev kaynaklı ve kendi kendine yanma ışık yoğunluklarına empenye maddesi tür ve uygulanma şekli ile tutkal türünün etkisi

Kontrplakların yanmadaki ışık yoğunlukları incelendiğinde (Şekil 41, 42) kullanılan empenye maddelerinin ve elde edilen bu konsantrasyonlarda duman yoğunluklarını olumsuz yönde etkilemedikleri görülmüştür.



Şekil 42. Kızılağaç kontrplaklarının alev kaynaklı ve kendi kendine yanma ışık yoğunluklarına empenye maddesi tür ve uygulanma şekli ile tutkal çeşidinin etkisi

5. SONUÇLAR

Bu araştırmada farklı kimyasal maddeler ile emprenye edilen kontrplakların bazı mekanik özellikleri ile kullanım yerindeki uçucu asit ve formaldehit emisyonları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca kullanılan emprenye maddelerinin yanma sırasındaki etkinlikleri de belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre:

5.1. Fiziksel Özellikler

5.1.1. Yoğunluk

1. Kayının yoğunluğunun daha fazla olması nedeniyle, bu türden üretilen kontrplakların yoğunlukları da kızılğaçtan üretilen levhalara nazaran, daha yüksek bulunmuştur.

2. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların hava kurusu haldeki yoğunlukları Ü/F mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilenlerle yaklaşık olarak aynı, mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilenlerin yoğunlukları ise bunlardan düşük bulunmuştur.

3. Emprenye maddelerinin tutkal hattına ilave edilmesi suretiyle üretilen kontrplakların yoğunlukları emprenyeli kaplamalardan üretilenlerden fazladır.

4. Kullanılan emprenye maddeleri içersinde kontrplak yoğunluğunu en fazla borik asit artırmış, en düşük yoğunluk değerleri ise boraks ile üretilen kontrplaklarda tespit edilmiştir. Amonyum asetat ile muamele ise kontrplak yoğunluğuna belirgin bir etki yapmamıştır.

5.1.2. Rutubet

1. Kayın kontrplakların denge rutubet miktarları kızılğaç kontrplakların denge rutubet miktarlarından daha fazladır.

2. En yüksek denge rutubet miktarları Ü/F mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplaklarda, en düşük denge rutubet miktarları ise fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda tespit edilmiştir.

3. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların denge rutubet miktarları, emprenye maddesinin tutkala ilave edildiği kontrplakların denge rutubet miktarlarından yüksek bulunmuştur.

4. Kullanılan tüm emprenye maddeleri kontrplakların denge rutubet miktarlarını arttırmış ve en büyük artışlar borik asitli kontrplaklarda gerçekleşmiştir.

5.2. Mekanik Özellikler

5.2.1. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

1. Yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle mekanik özellikler bakımından kayın kontrplaklar kızılğaç kontrplaklardan daha iyi sonuçlar vermiştir.

2. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplaklar karşılaştırıldığında en yüksek eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri fenol formaldehit ile yapıştırılmış kontrplaklarda tespit edilmiştir. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri, Ü/F mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilen levhalarda mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalına göre daha yüksektir.

3. Kaplamaların borik asit ile emprenyesi bu kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerini arttırırken, boraks ile emprenye bu kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme ve elastikiyet modülü değerlerini istatistiksel olarak etkilememiştir.

4. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplaklarının eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri emprenye maddesinin tutkala ilave edilmesi suretiyle üretilen kontrplaklarınkinden daha yüksek bulunmuştur.

5. Gerek emprenyeli kaplamalardan ve gerek emprenye maddesinin tutkal hattına ilavesi şeklinde üretilen tüm kontrplak grupları mukayese edildiğinde muamele edilmiş kontrplaklarının eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri ile kontrol grupları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Yani kullanılan konsantrasyonların ve uygulama koşullarının belirtilen özellikler üzerine belirgin bir etkisi tespit edilmemiştir.

5.2.2. Çekme-Makaslama Direnci

1. Çekme-makaslama direnci değerlerinde; fenol formaldehit ile üretilen kontrplaklar ile Ü/F mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilenler arasında fark bulunmazken, mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilenler bunlardan belirgin olarak düşük bulunmuştur.

2. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama dirençleri emprenye maddesinin tutkal hattına ilavesi ile üretilenlerden daha düşük bulunmuştur.

3. Kullanılan bütün emprenye maddeleri kontrplakların çekme-makaslama dirençlerini düşürmüş ve en büyük düşüşler borik asit ile muameleli levhalarda gerçekleşmiştir.

5.3. Kimyasal Özellikler

5.3.1. pH ve Tampon Kapasitesi

1. Kayın kaplamaların pH değerleri kızılğaç kaplamaların pH değerlerinden yüksek bulunmuştur. Boraks ve borik asit ile emprenye kaplamaların pH değerlerini artırmış, ancak boraks ile elde edilen artışlar çok daha fazla olmuş ve kaplamaların pH değerleri nötr civarında gerçekleşmiştir. Borik asit ile emprenye işlemi kayın kaplamaların tampon kapasitelerini kontrol gruplarına göre bir miktar düşürdüğü halde, kızılğaç kaplamalarda artırmıştır. Amonyum asetat ise her iki ağaç türünden elde edilen kaplamaların tampon kapasitelerini önemli ölçüde artırmıştır.

2. Kayından üretilen kontrplakların pH değerleri kızılâğaçtan üretilen kontrplakların pH değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. En yüksek pH değerleri fenol formaldehit ile üretilen levhalarda tesbit edilmiştir. Ü/F mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların pH değeri diğerine göre daha asidiktir.

3. Emprenye maddesinin tutkal hattına ilave edilmesi suretiyle üretilen levhaların pH değerleri emprenyeli kaplamalardan üretilenlerden daha asidik bulunmuştur.

4. Tüm gruplar karşılaştırıldığında; sadece amonyum asetat ile muameleli kontrplakların pH değerleri kontrol gruplarından daha asidik bulunmuştur. En yüksek pH değerleri boraks ile muameleli kontrplaklarda tespit edilmiştir. Tampon kapasiteleri bakımından en yüksek değerler amonyum asetat ile üretilen kontrplaklarda belirlenmiş ve kızılâğaç kontrplakların tampon kapasiteleri de kayın kontrplaklardan yüksek bulunmuştur.

5.3.2. Emisyonlar

1. Kayın kontrplaklarından ayrılan formaldehit miktarları kızılâğaç kontrplaklarından daha düşük bulunmuştur.

2. En yüksek formaldehit emisyonu Ü/F mol oranı 1/1.74 olan tutkal ile üretilmiş kontrplaklarda en düşük formaldehit emisyonları ise fenol formaldehit ile üretilmiş kontrplaklarda tespit edilmiştir.

3. Amonyum asetat ve boraks ile emprenye formaldehit ayrışmasını azaltırken, borik asitle emprenye formaldehit emisyonunu artırmıştır.

4. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların formaldehit emisyonları, emprenye maddesinin tutkala karıştırılması suretiyle üretilenlerden daha fazla bulunmuştur.

5. Gerek emprenyeli ve gerek emprenye maddesinin tutkal hattına ilave edildiği tüm gruplar karşılaştırıldığında en düşük formaldehit emisyonu değerleri amonyum asetat ile muameleli kontrplaklarda tespit edilmiştir. Boraks ile muameleli kontrplakların

formaldehit emisyonları kontrol gruplarından düşük, borik asit ile muameleli levhalarınki ise kontrol gruplarından yüksek bulunmuştur.

6. Kullanım yerindeki uçucu asetik asit miktarları kayın kontrplaklarında kızılâğaç kontrplaklarına nazaran daha düşüktür. En yüksek uçucu asetik asit ayrışması fenol formaldehit ile, en düşük ayrışma miktarları ise Ü/F mol oranı 1/1.32 olan ÜF tutkalı ile üretilen levhalarda tespit edilmiştir.

7. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların asetik asit emisyonları, emprenye maddesinin tutkala ilave edildiği kontrplaklarından daha yüksek bulunmuştur.

8. Tüm emprenye maddeleri; uçucu asetik asit ayrışmasını artırmış ve en yüksek asetik asit miktarları amonyum asetat ile muameleli kontrplaklarda belirlenmiştir. Emprenye maddeleri içersinde asetik asit ayrışması üzerine en az etki borik asit ile muamelede gerçekleşmiştir.

5.4. Yanma

1. Yanma sonucu oluşan ağırlık kayıpları kayın kontrplaklarında kızılâğaç kontrplaklarından daha fazla olmuştur. Üre formaldehit tutkalları yanmada oluşan ağırlık kayıpları açısından fenol formaldehit tutkalına göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

2. Emprenyeli kaplamalardan üretilen kontrplakların yanma sonucu oluşan ağırlık kayıpları emprenye maddesinin tutkala ilave edildiği kontrplaklara nazaran daha düşük bulunmuştur.

3. Kullanılan emprenye maddeleri içersinde, tüm levhalar karşılaştırıldığında, yanmada oluşan ağırlık kayıpları bakımından borik asit en etkili madde olmuştur. Amonyum asetat ile muamelenin ağırlık kayıplarına etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

4. Emprenyeli kontrplakların alev kaynaklı, alev kaynaksız kendi kendine yanma ve kor halinde yanma sıcaklıkları kontrol gruplarından düşük bulunmuştur. Borik asit ve

amonyum asetat ile muameleli levhaların yanma süreleri kontrol gruplarından daha uzun, gerçekleşmiştir. En uzun yanma süreleri fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda tespit edilmiştir.

5. Kontrplakların yanma esnasındaki duman yoğunlukları incelendiğinde, kullanılan emprenye maddelerinin ve elde edilen retensiyon miktarlarının duman yoğunluklarını üzerine olumsuz bir etkisi tespit edilmemiştir.



6. ÖNERİLER

Tarihi 1800'lü yıllara dayanan ve pek çok ülkede yasa yada yönetmelik şeklinde uygulanan özellikle odunsu yapı elemanlarının (kontrplak, LVL gibi) yangın geciktirici kimyasallarla muamelesi ülkemizde bu güne değin ciddi bir şekilde ele alınmış değildir. Oysa bir yandan hızla artan nüfus ve kentleşme, endüstri merkezlerine yığılmalar, diğer yandan Türkiye'nin bir deprem ülkesi olması ve son yıllarda yaşanan deprem felaketleri sonucunda büyük boyutlara varan konut sorunu düşünüldüğünde konunun ülkemiz açısından önemi daha büyük olmaktadır. ABD, Japonya, Fransa ve diğer dünya ülkelerinin geçirmiş olduğu deneyimler çözümün sadece "endüstrileşmiş konut yapımında" yani prefabrik yapımında olduğunu ortaya koymuştur. Bu tür üretimlerde de odun malzemelerin, özellikle kontrplak, LVL ve OSB'nin, kullanımı daha fazla olmaktadır. Dolayısı ile bu tür yapı malzemelerinin farklı yanmayı geciktirici kimyasallarla, konsantrasyonlarda emprenyesi ve çeşitli koşullarda üretimine yönelik çalışmalarla ülkemiz için bu konuda gerekli veri tabanının oluşturulması ve standartların hazırlanmasına yönelik araştırmalar önerilebilir.

Yanmayı geciktirici kimyasallarla muamele edilmiş ağaç malzemeler; uçak hangarları ve yangın tehlikesi bulunan ambarlar ile prefabrik ev yapımında, yapıların iç kısımlarında kapı ve pencere doğramaları, yer döşemeleri, duvar ve tavan kaplamaları, çatılar, büyük yolcu gemilerinin ahşap kısımları, maden ocakları ve müzelerde kullanılmaktadır. Bu nedenlerle kullanım yerlerine göre yapı malzemelerinin emisyon özellikleri de önem kazanmaktadır. ÜF ve FF tutkalları ile üretilen levha ürünlerinden ayrılan asetik asit ve formik asit düşük konsantrasyonlarda bile korozyona neden olabilmektedir. Bu nedenle bu tutkallarla üretilen levha ürünlerinin metallerle bir arada kullanılmaları durumunda korozyon zararları beklenmelidir. Örneğin, otomobil mobilyaları, içinde metal parçalarının taşındığı ambalaj sandıkları, veya karavanlarda kullanılacak levha ürünlerinin düşük emisyon miktarına sahip malzemeler olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca kütüphane ve müzelerdeki dolap rafları, muhafaza kutularının yapımında kullanılan odun levha ürünleri için de aynı hususlar geçerlidir. Örneğin kütüphanelerde; uzun süre bekleme sonucunda yüksek asit emisyonu kağıtların eskimeye

karşı dayanımını azaltmaktadır. Yine değerli tablolar, kitaplar veya metal eserler de muhafaza edilirken uygun ahşap malzemelerin kullanımına dikkat edilmelidir.

Odon kökenli levhalardan kaynaklanan emisyonların spesifik kullanım yerleri için belirtilen bu etkileri yanında, esas ve belki de en fazla üzerinde durulması gereken husus çevre ve insan sağlığına etkileridir. Teknolojik gelişim insanlığa yeni ve fonksiyonel ürünler sunarken bunların çevreye verdikleri zararları da önlemek zorundadır. Bu nedenle kullanılacak her yeni madde ve yöntemin bu bakımdan ele alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada kullanılan emprenye maddeleri seçilirken, öncelikle çevre dostu olmalarına önem verilmiş ve pH'ı üç farklı emprenye maddesi denenilerek emisyon özelliklerinin nasıl değiştiği belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak boraks ve borik asidin karışım halinde kullanılmaları durumunda yanmayı geciktirici etkinliğinin arttığı bilinmektedir. Düşük çözünürlükleri dolayısı ile masif oduna uygulanmaları nispeten zor olan bu tür kimyasalların levha ürünlerinde tutkala toz olarak ilaveleri önerilebilir.

Masif yapı malzemelerinin emprenyesi oldukça güç olup, çok daha fazla zaman, enerji ve emprenye çözeltisi gerektirmektedir. Ayrıca bazı durumlarda iç kısımlarda çatlama ve deformasyon gibi kusurların oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle kolaylıkla emprenye edilebilecek kaplama veya yongalardan üretilen; kontrplak, LVL ve OSB gibi malzemelerin yanması geciktirilmiş yapı elemanları olarak kullanımı önerilebilir.

Boraks ve borik asidin; yanmayı geciktirici etkileri yanında mantar ve böcek zararlılarına karşı da etkin kimyasallar oldukları bilinmektedir. Yanmayı geciktirme etkisi için çok daha yüksek retensiyonlar gerekmektedir. Oysa mantar ve böceklere karşı korunma sağlamak gerekli kimyasal madde retensiyonu tutkal hattına ilave edilerek veya kaplamaların emprenye çözeltisine daldırılmasıyla kolaylıkla temin edilebilir. Böylelikle üretilen levha ürünleri bu tür zararlılara karşı yeterli koruyucu etkiye sahip malzemeler olarak kullanılabilir.

Suda çözünen emprenye maddeleri higroskopik karakterli olup uygulandıkları ürünün denge rutubet miktarını arttırmaktadırlar. Bu nedenle emprenyeli levha ürünlerinin

depolanması esnasında rutubet artışına bağlı olarak levha özelliklerinin olumsuz şekilde etkilenmesini önlemek maksadı ile kuru ortamlar tercih edilmelidir. Ayrıca; bu levhalar iç mekanlarda değerlendirilmeli veya rutubet absorpsiyonunu önleyici tedbirler alınmalıdır.

Diğer taraftan suda çözünen tuzlar açık havaya maruz kullanım yerlerinde odundan kolaylıkla yıkanıp uzaklaşabilmektedir. Uzun süreli etkin kullanım için bu tür tuzların tutunmayı arttıran kimyasallarla birlikte kullanılmaları önerilebilir.

Kullanılan emprenye maddeleri levha ürünlerinin yapışma direncini düşürmektedir. Farklı konsantrasyonlarla, yapışma direncini standartlarda belirtilen değerlerin altına düşürmeden yanmayı geciktirici maksimum etkinliğin sağlanmasına yönelik çalışmalar önerilebilir. Borik asit ile emprenye kaplamaların pH'ını düşürdüğü ve ÜF tutkalının jelleşme süresini kısalttığı için, bu kaplamalarla levha üretimi esnasında daha az sertleştirici kullanılması ve pres süresinin kısaltılması önerilebilir.

Ü/F mol oranı düşük üre-formaldehit tutkallarının kullanımı, ayrışan formaldehit ve asit miktarını azaltmaktadır. Kullanım yerindeki formaldehit emisyonunu azaltmak için levha üretiminde Ü/F mol oranı düşük tutkal kullanımı önerilebilir. Ayrıca boraks ve amonyum asetat, formaldehit emisyonunu azaltıcı etkileri nedeniyle formaldehit emisyonunun düşük olması istenilen ürünlerde kullanılabilir. Ancak bu kimyasalların ilave miktarı, yapışma direncini standartlarda belirtilen değerlerin altına düşürmeyecek ölçüde olmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. Manabendra, D., Saikia, C.N., Chemical Modification of Wood with Thermosetting Resin: Effect on Dimensional Stability and Strength Property, Bioresources Technology, 73 (2000) 179-181.
2. Çolakoğlu, G., Kontrplak Üretim Şartlarının Formaldehit Emisyonu ve Teknik Özelliklere Etkisi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1993.
3. Sandermann, W., Rothkamm, M., Über die Bestimmung der pH-Werte Von Hondelsholzern und deren Bedeutung für die Praxis. Holz als Roh-und Werkstoff, 17,11 (1959) 433-441.
4. Sandermann, W., Gerhardt, U., Weismann, G., Untersuchungen Über flüchtige Organische Säuren in einigen Hozarten, Holz als Roh-und Werkstoff, 28, 2 (1970) 59-67.
5. Risholm-Sundman, M., Lundgren, M., Vestin, E., Herder, P., Emissions of Acetic Acid and Other Volatile Organic Compounds from Different Species of Solid Wood, Holz als Roh-und Werkstoff, 56 (1998) 125-129.
6. Milota, M.R., Emissions From Wood Drying, Forest Product Journal, 50, 6 (2000), 10-19.
7. EPA Office of Air Quality Planning and Standards, The Plain English Guide to The Clean Air Act, EPA-400K-93-001, U.S.A., 1993.
8. Marutzky, R., Release of Formaldehyde by Wood Products, Forest Product Society, 94RS100R, 1994.
9. TS 2128, Kontrplak, Terimler ve Tarifler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara,1975.
10. EN 313 2, Kontrplak-Sınıflandırma ve Terimler-Bölüm-2:Terimler, Ankara,1998.
11. ASTM 907, Standart Definitions of Terms Relation to Adhesives, ASTM, Philadelphia, 1982.
12. Sellers, T., Plywood and Adhesive Technology, Marcel Dekker Inc., New York, 1985.
13. EN 313 1, Kontrplak-Sınıflandırma ve Terimler-Bölüm-1:Sınıflandırma, Ankara, 1998.

14. Baldwin, R.F., Plywood Manufacturing Practices, Revised 2nd Edition, Miller and Freeman Publication Inc., U.S.A., 1981.
15. Haygreen, J.G., Bowyer, J.L., Forest Products and Wood Science, Second Edition, Iowa State University Press, U.S.A., 1989.
16. Anonim, Wood Handbook: Wood as an Engineering Material, Forest Product Lab., Department of Agriculture, Washington, 1987.
17. Lutz, J.F., Wood Veneer; Log selection, Cutting and Drying, U.S. Dep. Agric., Tech. Bull. No:1575, Madison, 1977.
18. Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:3401/378, İstanbul, 1986.
19. Baldwin, R.F., Plywood and Veneer Based Products: Manufacturing Practices, Miller Freeman Inc., San Francisco, 1995.
20. Özen, R., Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilerine İlişkin Araştırmalar, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No:9, Trabzon, 1981.
21. Seller, T., McSween, J.R., Nearn, W.T., Gluing of Eastern Hardwoods: A Review, U.S. Dep. Of Agric., Forest Service, General Technical Report, 1988, 50-71.
22. Pizzi, A., Advanced Wood Adhesives Technology, Marcel Dekker Inc., New York, 1994.
23. Dunk, M., Urea-Formaldehyde (UF) Adhesive Resins for Wood, International Journal of Adhesion & Adhesive, 18 (1998) 95-107.
24. Tomita, B., Hse, C.Y., Phenol-ürea-formaldehyde (PUF) co-condensed Wood Adhesives, International Journal of Adhesion & Adhesive, 18 (1998) 69-79.
25. Hazer, B., Polimer Teknolojisi Ders Kitabı, K.T.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Yayın No: 161/46, Trabzon, 1993.
26. Gornik, D., Hemingway, R.W., Tisler, V., Tannin-based cold-setting adhesives for face lamination of wood, Holz als Roh-und Werkstoff, 58 (2000) 23-20.
27. Dix, B., Marutzky, R., Tanninformaldehydharze als Bindermittel für Holzwerkstoffe, WKI-Bericht No:18, Braunschweig, 1987.
28. Pizzi, A., Scharfetter, H., Kes, E.W., Adhesives and Techniques Open New Possibilities

- for the Wood Processing Industry, Part 1: Experience With Tannin Based Adhesives, Holz als Roh-und Werkstoff, 39 (1981) 85-89.
29. Pizzi, A., Tannery row-The story of some naturel and synthetic wood adhesive, Wood Science and Technology, 34 (2000) 277-316.
 30. Hafizoğlu, H., Kağıt Fabrikası Atık Sularından Yararlanma Olanakları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 9, 2 (1986) 72-90.
 31. Forss, K.G., Fuhrmann, A., Finnish Plywood, Particleboard and Fiberboard Made with a Lignin-Base Adhesive, Forest Product Journal, 29, 7 (1979) 39-43.
 32. Kalaycıoğlu, H., Amonyum Lignosülfonat ve Fenolformaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilen Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Y.Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1987.
 33. Robertson, J.E., Robertson, R.R.P., Rewiev of Filler and Extender Quality Evalvation, Forest Product Journal, 27, 4 (1977) 30-38.
 34. Robertson, J.E., Plant-Site Observation of Asian Plywood Glue Extender, Forest Product Journal, 24, 11 (1974) 35-41.
 35. APA, Engineered Wood Association, Structural Adhesives For Plywood – Lumber Assemblies, 1998.
 36. Grexa, O., Flame Retardant Treated Wood Products, Wood And Fire Safety, (2000), 101-111.
 37. DeGroot, R.C., Gjovik, L.R., Baker, A.J., Preservative –Treated Wood for Foundations, U.S. Department of Agric., Forest Service, FPL Research Note FPL 0245, June 1981.
 38. White, R.H., Use of Coatings to Improve Fire Resistance of Wood, Reprint from Standart Technical Publication 826, (1984) 24-39.
 39. Eickner, H.W., Fire retardant-treated wood, Journal of Materials, 1, 3 (1966) 625-644.
 40. Holmes, C.A., The fire performance of wood and its improvement by fire-retardant treatments, American Wood Preservers' Association, Approved technical article, 1974, 95-102.
 41. Holmes, C.A., Effect of fire-retardant treatments on performance properties of wood, FPL, Approved technical article, 1977, 82-103.

42. Levan, S.L., Chemistry of Solid Wood, In. Rowell, Roger M., American Chemical Society, Washington 1984.
43. Richardson, B.A., Wood Preservation, E & FN Spon, an imprint of Chapman & Hall, London, 1993.
44. APA, Fire-Retardant-Treated plywood roof sheathing, General Information, October 1989.
45. İlhan, R., Prefabrik konut yapımında yangına karşı alınması gereken önlemler, Ahşap Malzemenin Korunması, M.P.M. Yayınları Yayın, No: 338, Ankara, 1988.
46. Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, K.M., Yıldız, Ü.C., Baysal, E., Peker, H., Demirci, Z., Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları, TOAG Projesi, Proje No: 875, Trabzon, 1994.
47. Levan, S.L., Winandy, J.E., Effects of Fire Retardant treatments on wood strength: A review, Wood and Fiber Science, 22, 1 (1990) 113-131.
48. Still, M.R., Levan, S.L., Shuffleton, J.D., Degradation of fire-retardant-treated plywood; Current theories and approaches, Proceedings of the 3rd International Symposium on Roofing Technology, April 17-19, 1991, 517-522.
49. Levan, S.L., Collet, M., Choosing and Applying Fire-Retardant-Treated Plywood and Lumber for Roof Designs, U.S. Dep. Of Agric., Forest Product Laboratory, General Tech. Report 62, 1989.
50. Browne, F.L., Theories of The Combustion of Wood And Its Control: A Survey of The Literature, Forest Product Laboratory, Department of Agriculture, Forest service Rept. No:2136, 1954, 1-74.
51. Levan, S.L., Tran, H.C., The role of boron in flame-retardant treatments, First International Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives 1990, 39-41.
52. Lebow, S.T., Winandy, J.E., Effect of Fire Retardant Treatment on Plywood pH and Relationship of pH to Strength Properties, Wood Science and Technology, 33 (1999) 285-289.
53. Yunchu, H., Peijiang, Z., Songsheng, Q., TG-DTA Studies on Wood Treated with Flame-Retardants, Holz als Roh-und Werkstoffe, 58 (2000) 35-38.
54. White, R.H., Dietsberg, M.A., Fire Safety, Wood Handbook-wood as an engineering

material, FPL-GTR-113, Department of Agriculture, Forest service, Madison, 1999.

55. Yalınkılıç, M.K., Imamura, Y., Takahashi, M., Demirci, Z., Effect of Boron Addition to Adhesive and/or Surface Coating on Fire-Retardant Properties of Particleboard, Wood and Fiber Science, 30, 4 (1998) 348-359.
56. Yalınkılıç, M.K., Su, W.Y., Imamura, Y., Takahashi, M., Demirci, Z., Yalınkılıç, A.C., Boron Effect on Decay Resistance of Some Fire-Retardant Coatings Applied on Plywood Surface, Holz als Roh-und Werkstoffe, 56 (1998) 347-353.
57. Juneja, S.C., Richardson, L.R., Versatile Fire Retardants from Amino-Resins, F.P.J., 24, 5 (1974) 53-44.
58. Vick, C.B., Phenolic Adhesive Boards to Aspen Veneers Treated with Amino-Resin Fire Retardants. F.P.J., 44, 1 (1994) 33 – 40.
59. Alexiou, P.N., Gardner, W.D., Lind, P., Butler, D., Efficacy of an Amino Resin Fire Retardant, F.P.J., 36, 11/12 (1986) 9-15.
60. Sweet, M.S., Levan, S.L., White, R.H., Tran, H.C., Groot, R.D., Fire Performance of Wood Treated With Combined Fire-Retardant and Preservative Systems, U.S. Dep. Of Agric., F.P.L. Res. Rap. FPL-RP-545, 1996.
61. Östman, B., Voss, A., Hughes, A., Houde, P.J., Grexa, O., Durability of Fire Retardant Treated Wood Products at Humid and Exterior Conditions; Review of literature, Fire and Material, 25 (2001) 95-104.
62. Winandy, J.E., Thermal Degradation of Fire-Retardant-Treated Wood: Predicting Residual Service Life, F.P.J., 51, 2 (2001) 47-54.
63. Shields, T.J., Silcock, G.W.H., Moghaddam, A.Z., Azhakesan, M.A., Zhang, J., A comparison of Fire Retarded and Non-Fire Retarded Wood-Based Wall Linings Exposed to Fire in an Enclosure, Fire and Materials, Fire Mater, 23, (1999) 17-25.
64. Schaffer, E.L., Fire-Resistive Structural Design, Proceedings, International Seminar on Wood Engineering; Denver, 1992.
65. Winandy, J.E., Fire-Retardant-Treated Wood: Effect of Elevated Temperature and Guidelines for Design, Wood Design Focus, FPL USDA Forest Service, 1990, 8-10.
66. Levan, S.L., Ross, R.J., Winandy, J.E., Effect of Fire Retardant Chemicals on Bending Properties of Wood at Elevated Temperatures, U.S. Dep. Of Agric., Forest Service, FPL-RP-498, Madison, 1990.

67. Winandy, J.E., Levan, S.L., Schaffer, E.L., Lee, P.W., Effect of Fire-Retardant Treatment and Redrying on The Mechanical Properties of Douglas-fir and Aspen Plywood, U.S. Dep. Of Agric., Forest Service, FPL-RP-485, Madison, 1988.
68. Ross, R.J., Cooper, J., Wang, Z., In-Place Evaluation of Fire-Retardant-Treated Plywood, Proceedings of the 8 th International Nondestructive Testing of Wood Symposium, 23-25 September 1991, Washington State University, Pulman WA, 247-252.
69. Winandy, J.E., Levan, S.L., Susan, L., Ross, R.J., Hoffman, S.P., McIntyre, C.R., Termal Degradation of Fire-Retardant-Treated Plywood, Development and Evaluation of a Test Protocol, U.S. Dep. Of Agric., Forest Service, FPL-RP-501, Madison, 1991.
70. Winandy, J.E., Effect on Fire Retardant Retention, Borat Buffers and Redrying Temperature After Treatment on Thermal-Induced Degradation, F.P.J., 47, 6 (1997) 79-86.
71. Lebow, S.T., Winandy, J.E., The Role of Grade and Thickness in the Degradation of Fire Retardant-Treated Plywood, F.P.J., 48, 6 (1998) 88-94.
72. Lebow, P.K., Winandy, J.E., Verification of A Kinetics-Based Model For Long-Term Effects of Fire Retardants on Bending Strength At Elevated Temperatures, Wood and Fiber Science, 31, 1 (1999) 49-61.
73. Shukla, K.S., Studies on the Preservation of Plywood: Treatment of Veneers With Water Born Preservatives By Non Pressure Technique, J. Timber Dev. Assoc., 37, 3 (1991) 34-47.
74. Dimri, M.P., Shukla, K.S., Study on The Effect of Wood Preservatives on the Glue Bond Strength of Plywood, Van Vigyan, 29, 1 (1991) 35-39.
75. Khouadja, A., Barnes, H.M., Treatment and Redrying of Western Hemlock Plywood, F.P.J., 51, 1 (2001) 74-80.
76. Deppe, H.J., Preliminary Investigations on the Fire Resistance of Plywood, Holz Als Roh-und Werkstoffe, 30, (1972) 464-468.
77. Shukla, K.S., Joshi, H.C., Studies on the Preservation of Plywood: Glu Line Treatment with Arsenic Trioxide, J. Ind. Acad. Wood Science, 23, 2 (1992) 16-23.
78. Dimri, M.P., Shukla, K.S., Mishra, S.C., Effect of Glue Line Treatment on the Termite Resistance of Plywood, J. Timb. Dev. Assoc., 4, (1995) 23-28.
79. Cremonini, C., Pizzi, A., Tekely, P., Improvement of PMUF Adhesives Performance

- for Fireproof Plywood, Holz Als Roh-und Werkstoffe, 54, (1996) 43-47.
80. Çolakoğlu, G., Kontrplaklarda Formaldehit Emisyonu, Laminart Dekorasyon & Sanat & Tasarım Dergisi, 9, (2000) 140-144.
 81. Çolakoğlu, G., Roffael, E., Untersuchungen an 40 Jahre alten UF-Spanplatten, Adhäsion, 12, (1991) 38-39.
 82. Baumann, M.G.D., Batterman, S.A., Zhang, G.Z., Corner, A.H., Analysis of Volatile Organic Chemical Emission from Particleboard, Wood Adhesives Symposium, USDA Forest Service, Forest Product Laboratory and Forest Products Society, 29-30 June 1995, Proceedings No: 7296, 215-219.
 83. Lee, S.C., Chang, M., Indoor and Outdoor Air Quality Investigation at Schools in Honh Kong, Chemosphere, 41, (2000) 109-113.
 84. Baumann, M., Volatile organic chemical emissions from composite wood products: A review, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Technology Summaries, 1996, 5-12.
 85. Wang, W., Gardner, D.J., Investigation of volatile organic compound press emissions during particleboard production. Part:1. UF-bonded southern pine, F.P.J., 49, 3 (1999) 65-72.
 86. Wang, W., Gardner, D.J., Baumann, M.G.D., Volatile organic compound hot-press emissions from southern pine furnish as a function of adhesive type, International Environmental Conference 13-16 September 1996, Tappi Proceedings, 935-948.
 87. Bodalal, A., Zhang, J.S., Plett, E.G., A Method for Measuring Internal Diffusion and Equilibrium Partition Coefficients of Volatile Organic Compounds for Building Materials, Building and Environment, 35, (2000) 101-110.
 88. Rice, R.W., Assessing human health and environmental effects related to drying wood, USDA Forest Serv., Forest Prod. Lab., Gen. Tech. Rept. FPL-GTR-81, 1994, 14-16.
 89. Shmulsky, R., Influence of lumber dimension on VOC emission from kiln-drying Loblolly pine lumber, F.P.J., 50, 3 (2000) 63 -66.
 90. Shmulsky, R., Ingram, L.L., Empirical prediction of VOC emission from drying southern yellow pine lumber, F.P.J., 50, 6 (2000) 61-63.
 91. Ingram, L.L., Taylor, F.W., Punsavon, V., Templeton, M.C., Identification of volatile organic compounds emitted during the drying of southern pine in pilot and laboratory experiments, USDA Forest Ser., Forest Product Lab., Tech. Rept., 1994, 35-40.

92. Carlson, F.E., Phillips, E.K., Tenhoeff, S.C., Detlefsen, W.D., A study of formaldehyde and other organic emissions from pressing of laboratory oriented strandboard, F.P.J., 50, 10 (1995) 35-42.
93. Barry, A., Corneau, D., Lovell, R., Press volatile organic compound emissions as a function of wood particleboard processing parameters, F.P.J. 50, 10 (2000) 35-42.
94. Shmulsky, R., End-grain influence on VOC emissions from kiln-drying loblolly pine, F.P.J., 50, 5 (2000) 21-23.
95. Ingram, L.L., Shmulsky, R., Dalton, A.T., Taylor, F.W., Templeton, M.C., The Measurement of Volatile Organic Emissions From Drying Southern Pine Lumber In a Laboratory-Scale Kiln, F.P.J., 50, 4 (2000) 91-94.
96. Baumann, M.G.D., Lorenz, L.F., Batterman, S.A., Zhang, G.Z., Aldehyde Emissions From Particleboard And Medium Density Fiberboard Products, F.P.J., 50, 9 (2000), 75-82.
97. Rice, R.W., Zibilske, L., Estimated VOC loses during the drying of five northeastern species, F.P.J., 49, 11/12 (1999), 67-70.
98. Lovery, M.R., Milota, M., VOC emission from douglas-fir comparing a commercial and a laboratory kiln, F.P.J., 50, 7/8 (2000) 39-47.
99. Solliday, D.S., Amstrong, J.P., Dawson-Andoh, B.E., Dehumidification drying of red oak, Part 1; Chemical characterization of volatile organic compounds. F.P.J., 49, 7/8 (1999) 21-23.
100. Choon, K.K., Roffael, E., The acidity of five hardwood species, Holzforschung, 44, 1 (1990) 53-58.
101. Browning, B.L., Methods of wood chemistry, volume 1, Institute of paper chemistry Appleton, Wisconsin, New York, 1967.
102. Poblete, H., Roffael, E., Über chemische Veränderungen in Holzspanen bei der Herstellung von Harnstoff-Formaldehydharz-gebundenen Spanplatten, Holz als Roh und Werkstoff, 43, (1985) 57-62.
103. Roffael, E., Abgabe von flüchtigen organischen Säuren aus Holzspanen und Holzspanplatten, Holz als Roh und Werkstoff, 47, (1989), 447-452.
104. NCASI National Council for Air and Stream Improvement, Volatile Organic Compound Emissions From Wood Products Manufacturing Facilities, Part VII-Test Methods, Quality Assurance/Quality Control Procedures and Data Analysis Protocol, Tech. Bulletin No. 774, 1999.

105. NCASI National Council for Air and Stream Improvement, Volatile Organic Compound Emissions From Wood Products Manufacturing Facilities, Part I-Plywood, Tech. Bulletin No. 768, 1999.
106. Zinn, T.W., Cline, D., Lehmann, W.F., Long Term Study of Formaldehyd Emission Decay From Particleboard, F.P.J., 40, 6 (1990) 15-18.
107. Çolakoğlu, G., Çolak, S., Tüfekçi, M., Einfluß der Dämpfung und Trocknung von Furnieren auf deren Acetylgruppengehalt und die Formaldehydabgabe von Sperrholz, Holz als Roh- und Werkstoff, 56 (1998) 121-123.
108. Çolakoğlu, G., Kalaycıoğlu, H., Örs, Y., Kızılcam Kabuklarının Yongalevha ve Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi, Uluslar arası Kızılcam Sempozyumu, 18-23 Ekim 1993, Marmaris, Bildiriler Kitabı, 700-710.
109. EN 717 2, Bestimmung der Formaldehydabgabe, Formaldehydabgabe nach der Gasanalyse Methode, Deutsche Fassung, 1994.
110. EN 717 1, Wood-based panels-Determination of Formaldehyde Release-Part 1: Formaldehyde Emission by the Chamber Method, 1998.
111. ASTM E 1333-90, Standart Test Method For Determining Formaldehyde Levels From Wood Products Under Defined Test Conditions Using a Large Chamber, Philadelphia, 1990.
112. JIS A 5908, Particleboards, Japanese Industrial Standard, 1986.
113. FTM-1, Small Scale Test Method for Determining Formaldehyde Emission From Wood Products, Two Hour Deciccator Test, Hardwood Plywood Association, Virginia, 1983.
114. TS EN 322, Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini, Ankara, 1999.
115. TS EN 322, Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarı Tayini, Ankara, 1999.
116. DIN 52371, Prüfung von Sperrholz; Biegeversuch, DIN, Berlin, 1968.
117. DIN 53255, Prüfung von Holzleimen und Holz-verleimungen; Bestimmung der Bindefestigkeit von Sperr-holzleimungen (Furnier- und Tischlerplatten) im Zugversuch und im Aufstechversuch, DIN, Berlin, 1964.
118. Anonymous, Tappi Test Methods, 1992-1993, Tappi Press Atlanta, Georgia, U.S.1992.

119. Hameed, M., Zum Verhalten von Spänen aus Slint- und Kernholz obligatorisch verkernter Baumarten gegenüber synthetischen Bindemitteln, unter besonderer Berücksichtigung der Baumart Kiefer (*Pinus sylvestris* L.), Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen, 2000.
120. ASTM E 160-50, Standart Test Method for Combustion Properties of Treated Wood by the Crib Test, ASTM, 4, 7 (1975) 809-813.
121. Robards, K., Haddad, P.R., Jakson, P.E., Principles and Practice of Modern Chromatographic Methods, Academic Press Inc., San Diego, 1994.
122. Hafizoğlu, H., Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 52, Trabzon, 1982.
123. Wegener, F., Wood Chemistry, Ultrastructure, Reaction, Walter de Gruyter, Berlin, Newyork, 1989.
124. Örs, Y., Çolakoğlu, G., Çolak, S., Kavak (*Populus x eureamericana* I 45/51) Kontrplakların Çekme-Makaslama ve Eğilme Direnci ile Eğilmede Elastiklik Modülü Üzerine Bazı Üretim Faktörlerinin Etkisi, *Politeknik Dergisi*, 4,4 (2001) 25-32.
125. Levan, S., Winandy, J.E., Effect of Fire Retardant Treatments on Wood Strength: A review, *Wood and Fiber Science*, 22, 1 (1990) 113-131.
126. Namara, U.S.Mc., Waters, O., Comparison of the Rate of Glue-Line Strength Development for Oak and Maple, *F.P.J.*, 20, 3 (1970) 34-35.
127. Chow, S., Chunsi, K.S., Adhesion Strength and Wood Failure Relationship in Wood-Glue Bonds, *Mokuzai Gakkaishi*, 25, 2 (1979) 125-131.
128. Göker, Y., Akbulut, T., Yongalevha ve Kontrplağın Özelliklerini Etkileyen Faktörler, 1. Ulusal Orman Ürünleri Kongresi 22-25 Eylül, Trabzon, Bildiri Metinleri, I. Cilt 269-287.
129. Laks, P.E., Haataja, B.A., Palardy, R.D., Bianchini, R.J., Evaluation of Adhesive for Bonding Borate-Treated Flakeboards, *F.P.J.*, 38, 11/12 (1988) 23-24.
130. Sean, T., Brunette, G., Coté, F., Protection of Oriented Strand Board With Borate, *F.P.J.*, 49, 6 (1999) 47-51.
131. Winandy, J.E., Rowell, R.M., The Chemistry of Wood Strength In: RM Rowell (ed.) The Chemistry of Solid Wood. Advances in the Chemistry Series 207. American

Chemical Society, 211-255.

132. Hashim, R., Dickinson, D., Murphy, R., Dinwodie, J., Effect of Vapour Boron Treatment on Mechanical Properties of Wood Preservation Document No:IRG/WP/3727-92, 1992.
133. Gray, V.R., The Acidity of Wood, J. Inst. Wood Sci., 1 (1958), 58-64.
134. Subramanian, R.V., Somasekharan, K.N., Jonhns, W.E., Acidity of Wood, Holzforschung, 37 (1983) 117-120.
135. Roffael, E., Einfluß der Trocknungsbedingungen auf Kiefernspane und ihre Verleimbarkeit mit UF-Harzen, Holz als Roh- und Werkstoff, 45 (1987), 449-456.
136. Çolakoğlu, G., Roffael, E., Flüchtige organische Säuren aus Furnier und Sperrholz, Holz-Zentralblatt, 12 (2000) 161-162.
137. Myers, G.E., How Mol Ratio of UF Resin Affects Formaldehyde Emission and Other Properties: A Literature Critique, F.P.J., 34, 5 (1984) 35-41.
138. Çolakoğlu, G., Örs, Y., Kavak Kontrplakların Formaldehit Emisyonuna Bazı Üretim Bazı Üretim Faktörlerinin Etkisi, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 20, 3 (1996) 201-206.
139. Myers, G.E., Effect of Post-Manufacture Board Treatments on Formaldehyde Emission: Literature Review (1960-1984), F.P.J., 36, 6 (1986) 41-51.
140. Lu, W.D., Influence of Steaming on the Chemical Properties of Larix Wood, Journal of Northeast Forestry Universty, 17, 1 (1989) 50-57.
141. Thompson, W.S., Effect of Steaming and Kiln Drying on the Properties of Southern Pine Poles. Part II.: Chemical Properties, F.P.J., 19, 2 (1969) 37-43.
142. Roffael, E., Miertzsch, H., Verminderung der Formaldehydabgabe durch Nachbehandlung, Adhäsion, 34, 4 (1990), 13-19.
143. Packman, D.F., The Acidity of Wood, Holzforschung, 14, 6 (1960) 178-183.
144. Berkel, A., Ağaç Malzeme Teknolojisi II. Cilt, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:1745, İstanbul, 1972.
145. Getto, H., Ishihara, S., The Fire Retardance and Endurance of Functionally Graded Wood in the Case of the Heat-Compressed Treatment Method, Fire and Materials, 22

(1998) 199-206.

146. Getto, H., Ishihara, S., The Functional Gradient of Fire Resistance Laminated Board, Fire and Materials, 22 (1998) 89-94.
147. Var, A.A., Emprenye Edilmiş Yongalardan Üretilen Yongalevhaların Bazı Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2000.
148. Levan, S., Fire Problems Associated with The Use of Hardwoods in Furnishing, Paneling and Flooring, Hardwood Research Council Symposium, 10-12 May 1987, Memphis, Proceedings 115-121.



ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Trabzon'un Akçaabat ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Akçaabat'ta tamamladı. 1989-1990 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Bu bölümden 1993 yılında mezun oldu. 1994 yılında Fen Bilimler Enstitüsü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 1996 yılında Orman Endüstri Yüksek Mühendisi ünvanını aldı. 1996 yılında Doktora çalışmalarına başlayan Semra ÇOLAK İngilizce bilmektedir.



**EC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**