



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**BAZI AHŞAP ESASLI LEVHALARIN ODA VE GAZ ANALİZ
METODUNA GÖRE FORMALDEHİT EMİSYONLARININ
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT GÜNDÜZ

ŞUBAT 2015

DÜZCE

KABUL VE ONAY BELGESİ

Murat GÜNDÜZ tarafından hazırlanan “Bazı Ahşap Esaslı Levhaların Oda ve Gaz Analiz Metoduna Göre Formaldehit Emisyonlarının Belirlenmesi” isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 05/01/2015 tarih ve 2015/13 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Suat AYAN
Düzce Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Mehmet DUDAKÇI
Düzce Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. Abdullah Cemil İLÇE
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih : 02.02.2015

ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Murat GÜNDÜZ’ ün Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı’ nda Yüksek Lisans derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

02 Şubat 2015

(İmza)

Murat Gündüz

Sevgili Aileme

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanmasında süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Suat AYAN'a içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Doç. Dr. Mehmet BUDAKCI, Yrd. Doç. Dr. A.Cemil İLÇE, Yrd. Doç. Dr. H. Hüseyin CİRİTCİOĞLU ve Öğr. Gör. Serkan ÖZDEMİR'e şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen TSE Gebze Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Ahşap bölümündeki sevgili çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

02 Şubat 2015

Murat Gündüz

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR	i
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ÖZET	1
ABSTRACT.....	2
EXTENDED ABSTRACT	3
1. GENEL BİLGİLER.....	7
1.1 GİRİŞ	7
1.2 LİTERATÜR ÖZETİ	9
1.3 TÜRKİYE’DE ODUN ESASLI LEVHA SANAYİİ.....	13
1.4 LİF LEVHA.....	19
1.5 YONGA LEVHA.....	21
1.6 KONTRPLAK.....	22
1.7 LEVHA YÜZEYİNİN KAPLANMASI	25
1.7.1. Melamin Kaplama	25
1.7.2. PVC Kaplama	26
1.7.3. Boya ile Kaplama	27
1.8 LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN TUTKALLAR.....	28
1.8.1 Üre Formaldehit Tutkalı	28
1.8.2 Fenol Formaldehit Tutkalı.....	30
1.8.3 Melamin formaldehit Tutkalı	31
1.8.4 Diğer Yapıştırıcılar	32
1.9 FORMALDEHİT EMİSYONU VE OLUŞUMU	33
1.10 FORMALDEHİT EMİSYONUNA ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	35
1.10.1 Ağaç Türü.....	35
1.10.2 Reçinelerdeki Formaldehit Miktarının Etkisi.....	35

1.10.3	Sertleştiricinin Etkisi	36
1.10.4	Presleme Şartlarının Etkisi	36
1.10.5	Tutkal Miktarının Etkisi	36
1.10.6	Formaldehit Tutucularının Etkisi	36
1.10.7	Levhaların Depolanmasının Etkisi.....	37
1.11	FORMALDEHİT MİKTARI VE EMİSYONU BELİRLEME YÖNTEMLERİ.....	37
1.11.1	Ekstraksiyon Metodu	37
1.11.2	Oda Metodu.....	39
1.11.3	Gaz Analiz Metodu	39
1.11.4	Şişe Metodu	40
1.11.5	Desikatör Metodu	40
1.11.6	Hücre Metodu	41
1.12	FORMALDEHİTİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ.....	42
1.13	GÜNÜMÜZDE FORMALDEHİT SINIRLAMALARI	45
1.14	FORMALDEHİT AZALTMA YOLLARI	52
2.	MATERYAL VE YÖNTEM	54
2.1	MATERYAL	54
2.2.1.	Deney numunelerinin hazırlanması	54
2.2	YÖNTEM.....	56
2.2.2.	Oda Metodu.....	56
2.2.3.	Gaz Analiz Metodu	61
2.2.4.	Formaldehit Emisyonunun Zaman İçerisinde Değişiminin Tayini....	63
2.2.5.	Rutubet Tayini	64
2.2.6.	Yoğunluk Tayini	64
2.2.7.	İstatistiksel Değerlendirme	65
3.	BULGULAR.....	66
3.1.	ODA METODUNA AİT BULGULAR	66
3.1.1.	Yoğunluk Değerlerine Ait Bulgular	66
3.1.2.	Rutubet Değerlerine ait Bulgular	67
3.1.3.	Formaldehit Emisyonlarına Ait Bulgular.....	67
3.2.	GAZ ANALİZ METODUNA AİT BULGULAR.....	71

3.2.1. Yoğunluk Değerlerine Ait Bulgular	71
3.2.2. Rutubet Değerlerine Ait Bulgular	72
3.2.3. Formaldehit Emisyonlarına Ait Bulgular.....	72
3.3. FORMALDEHİT EMİSYONUNUN ZAMAN İÇERİSİNDE DEĞİŞİMİNE AİT BULGULAR.....	76
3.3.1. Oda Metoduna Ait Bulgular	76
3.3.2. Gaz Analiz Metoduna Ait Bulgular	77
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	80
5. KAYNAKLAR	83
6. ÖZGEÇMİŞ	89

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>	
Şekil 1.1.	Yonga Levha Üretim Miktarı	14
Şekil 1.2.	Türkiye’de Levha Üreticileri	15
Şekil 1.3.	Lif Levha Üretim Miktarı	16
Şekil 1.4.	Kontrplak Üretim Miktarı	17
Şekil 1.5.	Perfaratör Test Düzeneği	38
Şekil 1.6.	Şişe Metodu Test Aparatları	40
Şekil 1.7	Desikatör Test Aparatı	41
Şekil 1.8.	Hücre metodu test Cihazı	41
Şekil 2.1.	Oda Metodu deney numunesi	54
Şekil 2.2.	Gaz analiz deney numunesi	55
Şekil 2.3.	Rutubet Deneyi Numuneleri	55
Şekil 2.4.	1m ³ ’lük Deney Odası	56
Şekil 2.5.	Numunenin deney odasına yerleştirilmesi	57
Şekil 2.6.	Gaz yıkama şişelerinin cihaza yerleştirilmesi	58
Şekil 2.7.	Spektrofotometre	58
Şekil 2.8.	Hantzsch Tepkimesi	59
Şekil 2.9.	Kalibrasyon Eğrisinin Eğimi	60
Şekil 2.10.	Gaz Analiz Cihazı	61
Şekil 2.11.	Gaz Analiz Numunesinin Cihaza Yerleştirilmesi	62
Şekil 2.12.	Gaz analiz cihazına yıkama şişelerinin yerleştirilmesi	62
Şekil 2.13.	Numune ölçme noktaları	65
Şekil 3.1.	Oda metodu formaldehit emisyon değerleri	71
Şekil 3.2.	Gaz analiz metodu formaldehit emisyon değerleri	76
Şekil 3.3.	Melamin kaplı yonga levhanın oda metoduna göre formaldehit emisyonu	76
Şekil 3.4.	Melamin kaplı lif levhanın oda metoduna göre formaldehit Emisyonu	77
Şekil 3.5.	Melamin kaplı yonga levhalarda gaz analiz metoduna göre emisyon değerleri	78
Şekil 3.6.	Melamin kaplı lif levhalarda gaz analiz metoduna göre emisyon değerleri	79

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1. Formaldehit'in insan sağlığına etkileri	44
Çizelge 1.2. Formaldehitin çalışma alanlarındaki sınır değerleri	47
Çizelge 1.3. Yaşam alanlarındaki formaldehit sınır değerleri	48
Çizelge 1.4. Odun Esaslı Levhaların Formaldehit Sınıfları ve Standard değerleri	49
Çizelge 1.5. Avrupa, Avustralya, Amerika ve Japonya'daki odun esaslı levhalar için formaldehit emisyonstandartları	49
Çizelge 1.6. Formaldehit emisyonu ile ilgili düzenlemeler ve azalma miktarları	50
Çizelge 2.1. Deney Odası Şartları	57
Çizelge 2.2. Gaz Analiz Deney Şartları	61
Çizelge 3.1. Yoğunluk değerlerine ait genel istatistikler	66
Çizelge 3.2. Rutubet değerlerine ait genel istatistikler	67
Çizelge 3.3. Oda metodu formaldehit emisyonu değerleri istatistiksel sonuçlar	68
Çizelge 3.4. Oda metodu formaldehit emisyonlarına ait varyans analizi	68
Çizelge 3.5. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan levha türlerinin tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları	69
Çizelge 3.6. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları	69
Çizelge 3.7. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan levha türü ve yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları	70
Çizelge 3.8. Yoğunluk değerlerine ait genel istatistikler	71
Çizelge 3.9. Rutubet değerlerine ait genel istatistikler	72
Çizelge 3.10. Gaz analiz metodu formaldehit emisyonu değerleri istatistiksel sonuçlar	73
Çizelge 3.11. Gaz analiz metodu formaldehit emisyonlarına ait varyans analizi	73

Çizelge 3.12. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan levha türlerinin tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları	74
Çizelge 3.13. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları	74
Çizelge 3.14. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan levha türü ve yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları	75
Çizelge 3.15. Melamin kaplı yonga levhaların gaz analiz deneylerindeki rutubet miktarı ve emisyon değerleri	78
Çizelge 3.16. Melamin kaplı lif levhaların gaz analiz deneylerindeki rutubet miktarı ve emisyon değerleri	79

SİMGELER VE KISALTMALAR

BfR	Alman Federal Risk Değerlendirme Enstitüsü
CARB	Kaliforniya Hava Kaynakları Kurumu
ECB	Avrupa Kimyasallar Bürosu
EPA	Amerika Çevre Koruma Ajansı
EPF	Avrupa Panel Lederasyonu
ETB	Almanya'nın ilk formaldehit yönetmeliği
EU	Avrupa Birliği
FF	Fenol formaldehit
HDF	Yüksek yoğunlukta lif levha
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
INRS	Fransa Meslek Risk Önleme Enstitüsü
MDF	Orta yoğunlukta lif levha
MÜF	Melamin üre formaldehit
NM	Nanometre
OSB	Yönlendirilmiş yonga levha
ÜF	Üre formaldehit
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ÖZET

AHŞAP ESASLI LEVHALARIN ODA VE GAZ ANALİZ METODUNA GÖRE FORMALDEHİT EMİSYONLARININ BELİRLENMESİ

Murat GÜNDÜZ

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitim Anabilimdalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Suat AYAN

Şubat 2015, 102 sayfa

Bu çalışmada, Türkiye’ de üretilen bazı levhaların formaldehit emisyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ham, melamin kaplanmış, PVC kaplanmış ve boyalı (beyaz poliüretan lake) 18 mm yonga levha, lif levha ve kontrplak levhalar kullanılarak oda metoduna (TS EN 717-1) ve gaz analiz metoduna (TS EN 717-2) göre formaldehit emisyonları belirlenmiştir. Ayrıca melamin kaplı lif ve yonga levhaların da ve gaz analiz metodlarına göre zaman içinde formaldehit emisyonlarındaki değişimler tespit edilmiş ve formaldehit salınımının insan sağlığına olan etkileri vurgulanmıştır.

Çalışma sonucunda; oda metoduna göre en düşük formaldehit emisyonu sıra ile boyanmış kontrplak, yonga levha ve lif levhada tespit edilmiştir. Gaz analiz metoduna göre ise formaldehit emisyonu boyanmış yonga levha, kontrplak ve lif levhada tespit edilmiştir. Ayrıca melamin kaplı yonga ve lif levhaların formaldehit emisyonlarının oda metodunda deneye başlandığından itibaren 16. günde içerisinde denge durumuna geldiği tespit edilmiştir. Gaz analiz metoduna göre de 3. aydan itibaren emisyonun azaldığı 7. ayda en düşük seviyelere geldiği tespit edilmiştir. Buna göre boyanmış yonga levha ve kontrplak düşük formaldehit emisyonundan dolayı, iç mekânda kullanılacak mobilyaların yapımında tercih edilmesi sağlık açısından önemlidir.

Anahtar sözcükler: Ahşap esaslı levhalar, formaldehit emisyonu, oda metodu, gaz analiz metodu.

ABSTRACT

DETERMINATION OF FORMALDEHYDE EMISSION OF SOME WOOD-BASED BOARDS IN ACCORDANCE WITH THE CAMBER AND THE GAS ANALYSIS METHODS

Murat GÜNDÜZ

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Furniture and Decoration Education

Master Thesis

Supervisor: Assist. Prof.Dr. Suat AYAN

February 2015, 102 pages

The purpose of this study is to determine the formaldehyde emissions of a number of wood based boards that are being produced in Turkey. The emission values for 18 mm thick particleboards, fiberboards and plyboards in raw, melamine faced, PVC faced and painted (white polyurethana lacquer) were analysed with both the chamber method (TS EN 717-1) and the gas analysis method (TS EN 717-2). In addition, the time dependent differentiation in formaldehyde emission values were investigated and the negative effects of formaldehyde emission to human health was emphasized.

As a result of the study, lowest formaldehyde emissions are detected from painted plywood, particle board and fibreboard in respective order by using the chamber method. According to the gas analysis method, lowest formaldehyde emissions are obtained from painted plywood, particle board and fibreboard respectively. In addition, Formaldehyde emission from melamine faced particle boards and fibreboards are determined to have become constant in 16 days after tests in accordance with the chamber method started whereas emissions start decrease after third month and reach to lowest levels at the seventh month according to the gas analysis method. So, because of their low formaldehyde emissions, use of painted particle board and plywood for manufacturing furniture for internal use is important for health.

Keywords: Chamber method, formaldehyde emission, gas analysis method, wood-based boards.

EXTENDED ABSTRACT

DETERMINATION OF FORMALDEHYDE EMISSION OF SOME WOOD-BASED BOARDS IN ACCORDANCE WITH THE CAMBER AND THE GAS ANALYSIS METHODS

Murat GÜNDÜZ

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Furniture and Decoration Education

Master Thesis

Supervisor: Assist. Prof.Dr. Suat AYAN

February 2015, 102 pages

1. INTRODUCTION:

Urea and melamine urea formaldehyde binders are most preferred binders because of their easy application and favorable prices. However, hazardous effects of usage of these binders on human health has become a more important problem in recent years. Formaldehyde used in production of these binders is the most known pollutant for indoor areas in forest industry sector and a toxic chemical. Effects of formaldehyde on human health especially in indoor areas and resultant diseases have become issues against which measures should be taken. In developed countries, limits are imposed on formaldehyde emission values from these products effecting human health and environment and producers are promoted to manufacture products with low emission and consumers are promoted to purchase certified products.

The purpose of this study is to determine the formaldehyde emissions of a number of wood based boards that are being produced in Turkey. The emission values for 18 mm thick particleboards, fiberboards and plyboards in raw, melamine faced, PVC faced and painted were analysed with both the chamber method (TS EN 717-1) and the gas analysis method (TS EN 717-2). In addition, the time dependent differentiation in formaldehyde emission values were investigated and the negative effects of formaldehyde emission to human health was emphasized.

2. MATERIAL AND METHODS:

In this study, for which formaldehyde emissions are determined for 3 wood-based panels with different face coverings, melamine faced, PVC faced, painted, raw particle boards, fibreboards and plywoods of 18 mm thickness are used. Samples are manufactured for internal use in our country between September of 2012 and October of 2012 and are supplied with random sampling from the market in dimensions of 500 mm by 500 mm. and measuring formaldehyde emission from melamine faced particle boards and fibreboards, raw materials were supplied from a producer in our country as whole boards taken by random sampling. Samples were products which the firm sells to the market and not subjected to any special treatment. Samples were melamine faced particle boards and fibreboards. Tests were performed in Wood Department of Gebze Construction Materials Laboratory of Turkish Standards Institute , which is accredited by TURKAK within the scope of these methods. Samples were cut in dimensions of 500 mm*500 mm for the standard TS EN 717-1 (Chamber Method) and in dimensions of 400 mm * 50 mm for the standard TS EN 717-2 (Gas Analysis Method) and are sealed in air tight packages.

Samples for gas analysis method are taken out of their packages after the first test and maintained in normal room conditions.

For evaluation of data, Variance analyses(ANOVA) with SPSS 17.0 statistical analysis method are used.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS:

Lowest formaldehyde emission averages according the chamber method for non-faced wood-based boards are determined for plywood, particle board and fibreboard respectively. Plywood, particle board and fibreboard have formaldehyde classes of E1 according to TS EN 13956 ($E1 \leq 0,124 \text{ mg/m}^3$).

Formaldehyde emission values according the chamber method for wood-based boards with painted faces are determined to be the same for particle and plywood with fibreboard having more in comparison to these 2 boards.

Lowest formaldehyde emission averages according the gas analysis method for non-faced wood-based boards are determined for plywood, particle board and fibreboard respectively. Plywood has formaldehyde classes of E1($E1 \leq 3,5 \text{ mg/m}^2\text{h}$) according to TS EN 13956 whereas fibreboard and particleboard are of class E2. ($3,5 \leq E2 \leq 8 \text{ mg/m}^2\text{h}$).

Lowest formaldehyde emission averages according the gas analysis method for wood-based boards with painted faces are determined for particle board, plywood and fibreboard respectively. Formaldehyde classes are E1($E1 \leq 3,5 \text{ mg/m}^2\text{h}$).

Formaldehyde emissions from melamine faced particle boards and fibreboards were measured according to TS EN 717-1 chamber method. According to this, formaldehyde emission from melamine faced particle board showed a more regular decrease in comparison to that from melamine faced fibreboard. Test is continued without being effected by external environmental conditions even though stability condition were reached.

Formaldehyde emissions from melamine faced particle boards and fibreboards are measured in accordance with TS EN 717-2 gas analysis method once per month for a duration of eight months. According to this, despite the fact that there were increases in formaldehyde emissions from both boards in some months, decreases were generally measured.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK:

In this study, formaldehyde emissions of particle boards, fibreboards, plywoods with different face coverings such as melamine faced, PVC faced, painted, raw boards are determined by using the chamber and the gas analysis method and are evaluated separately. Particle board, fibreboard and plywood samples are E1. Formaldehyde classes of faced samples(melamine, PVC faced and painted) are E1 with painted boards having the lowest value.

For non-faced boards, formaldehyde classes according to the gas analysis method are determined to be E1 ($E1 \leq 3,5 \text{ mg/m}^2\text{h}$) for plywood and E2($3,5 \leq E2 \leq 8 \text{ mg/m}^2\text{h}$) for particle board and fiberboard. Formaldehyde emission classes of faced boards

(melamine,PVC faced and painted) are E1 with painted boards having the lowest values as it is the case for the chamber method.

As a result of this study, caution should taken to prevent internal use of non-faced boards.Furniture with proper face covering in accordance with its internal use should be prefered. So, because of their low formaldehyde emissions, use of painted particle board and plywood for manufacturing furniture for internal use is important for health. It is concluded that formaldehyde emission decreases by time but it still continues even in small amounts. Emission increases due to the effects of environmetal conditions like temperature,moisture, ventilation and co-existence of other formaldehyde sources but it does not reach higher values observed at the initial point.

1. GENEL BİLGİLER

1.1 GİRİŞ

Ağaç malzeme, çeşitli kullanım alanlarına göre, kullanıldığı alanlarda iyileştirme yapma olanağının olması, mimaride tercih edilir olması, çevreye duyarlı bir malzeme olması gibi nedenlerden dolayı çok önemli bir hammaddedir. Geçmiş yıllarda yaşanan hammadde sıkıntılarında dolayı orman endüstrisi geleneksel üretim tekniklerini değiştirmek durumunda kalmıştır. Bu değişikliğin sebeplerinden, odun hammaddesinin gün geçtikçe azalması, masif ağaç malzemenin anizotrop yapısı, geniş yüzey gerektiren kullanım yerlerinde yetersiz kalması ve ekonomik nedenlerle dolayı odun hammaddesinden teknik yollarla odun esaslı levha üretiminin arttığını söyleyebiliriz. Orman endüstrisi, ağaç malzemedeki bu dezavantajları ortadan kaldıran ve mekanik özellikleri bakımından diğer malzemelerle karşılaştırılabilen ahşap kompozit ürünleri geliştirmiştir. Lif levha ve yonga levha odun esaslı levhaların en önemli iki ürünüdür (Boran S. 2010).

Ahşap malzemenin kullanıldığı sektörler her geçen gün artmaktadır. Bu sektörlerin başında da mobilya sektörü gelmektedir. Mobilyalar, özellikle kapalı ortamlar olmak üzere günlük yaşam alanlarımızda farklı ihtiyaçlarımızı karşılamak için yaygın olarak kullandığımız büyük bir kısmı ahşap malzemelerden üretilmiş ürünlerdir. Her geçen gün artan ihtiyaçlara cevap vermek amacıyla mobilya sektöründe birçok gelişme olmakta ve bu gelişmelerin beraberinde getirdiği değişim her zaman kullanıcıların lehine olmamaktadır (Aksakal F.N. ve diğ. 2005).

Lif levha ve yonga levha üretiminde kullanılan üre formaldehit, melamin üre formaldehit tutkalları uygulamaları kolay ve fiyatlarının uygun olduğundan dolayı en çok tercih edilen bağlayıcılardır. Ama bu tutkalların kullanımının insan sağlığına etkileri son yıllarda artan bir sorun olmaya başlamıştır. Bu tutkalların üretiminde kullanılan formaldehit orman endüstrisi sektöründe en yaygın olarak bilinen kapalı ortam kirleticisidir. Formaldehitin özellikle kapalı ortamlardaki insan sağlığına etkileri ve yol açtığı hastalıklar aşikardır ve son yıllarda birçok araştırmaya konu olmuştur (Boran S. 2010).

İnsanların zamanlarının büyük bir bölümünü geçirdiği kapalı ortamlar; konutlar, okullar, işyerleri, kapalı spor salonları, eğlence yerleri gibi mekânlardır. Kapalı ortamlarda ısı, ışık, gürültü gibi faktörlerin yanı sıra ortam havasının da burada yaşayan kişilerin sağlıkları, rahatlıkları, verimlilikleri ve refleksleri üzerine etkileri vardır. Ancak bu etkinin yeterince önemsenmemesinin nedeni, kapalı ortam hava kirliliğinin etkileri genellikle uzun sürede ortaya çıkması, yaşamı ve sağlığı doğrudan ya da acil olarak tehdit etmemesi ve o anda çıkan sorunun sadece ortamın havasının düşük olduğu yani ortam havasında kapalı ortam kirleticileri v.b. çoğaldığını değil de temiz havanın azaldığına bakılması ve durumun ciddiye alınmamasına gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır (Vaizoğlu S.A. ve diğ. 2000).

Kapalı ortamlarla ilgili sorunların tanımlanması 70'li yılların başındaki petrol krizi sonrası, enerji kısıtlamasının uygulandığı dönemlerde başlamaktadır. Enerji tasarrufu sağlamak amacıyla binalarda havalandırmanın azaltılması yoluna gidilmiştir. Binaların etrafı kaplanmış ve pencereler sürekli kapalı tutulmuştur. Böylece binaların nefes alması engellenmiştir. Bu dönemden itibaren doğal ürünlerden uzaklaşma başlamıştır. Nefes alan ağaç, mermer ve doğal lifler yerini ortam hava akışına engelleyen sunta, sentetik lifler ve plastikler almıştır. Bu ürünlerin içerdiği kimyasalların çoğu kapalı ortam havasında dağılabilmekte ve birikebilmektedir (Vaizoğlu S.A. ve diğ. 2000). Bina içerisindeki bu hava insanları rahatsız etmeye başlamış ve insanların bunun nedenlerini araştırmaya sevk etmiştir. Birçok araştırma sonucu kapalı ortamlarda çeşitli kaynaklı çok sayıda kirletici olduğu tespit edilmiştir. Bu kirleticilerinin en önemlilerinden biride kapalı ortamlarda büyük yer kaplayan mobilya, yer döşemeleri, tekstil ürünlerinde bulunan formaldehit olduğu belirtilmiştir. Odun esaslı levha endüstrisi ve mobilya endüstrisinde formaldehit ve türevleri bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Bu tutkallarla üretilen ürünlerde etrafa yayılan formaldehit, insan sağlığı ve çevre yönünden son yıllarda önemi artan bir konu olmakta Avrupa, Amerika ve diğer birçok gelişmiş ülkelerde yasal düzenlemelerle kısıtlamalar getirilmiştir.

Formaldehit; genel olarak renksiz, keskin ve kötü kokulu bir madde olarak tanımlanmaktadır. Reaksiyon yeteneği yüksek ve dezenfektan özelliğine sahip olmasından dolayı tıpta koruyucu ve sterilize edici madde olarak, eczacılıkta, kimya sanayisinde ana ve ara madde olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Orman ürünleri endüstrisinde ise üre, melamin ve fenol tutkalları ile kondense edilerek yonga levha, lif

levha, kontrplak, gibi odun esaslı kompozit malzemelerin üretimin yapıştırıcı olarak günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Şahin H.T. ve diğ. 2011).

Ülkemizde, iç mekanlarda kullanılan ahşap esaslı ürünlerde insan sağlığını ve iç ortam hava kalitesini etkileyen formaldehit emisyonu tam olarak bilinmediğinden dolayı bu ürünlerin seçiminde de kullanım yerine uygun yüzey kaplamalarına da dikkat edilmemektedir. Bundan dolayı, zamanla sebebi bilinmeyen ama aslında kapalı ortamlarda kullanılan bazı mobilyalardan ve yer döşemelerinden kaynaklı bir takım hastalıklara sebebiyet vermektedir.

Bu çalışmanın amacı, melamin kaplı, PVC kaplı, yüzeyi boyanmış ve ham olmak üzere farklı yüzey kaplama çeşidine göre yonga levha, lif levha ve kavak kontrplak levhaları kullanılarak oda (TS EN 717-1) ve gaz analiz metoduna (TS EN 717-2) göre formaldehit emisyonlarını belirlemektir.

Ayrıca bu çalışmanın, iç mekanlarda kullanılan farklı yüzey kaplamalı ahşap esaslı levhaların sağlık açısından en uygun ürünün seçiminde yardımcı olacağı düşünülmektedir.

1.2 LİTERATÜR ÖZETİ

Zeleniuc O. ve Beldean E. (2013) yaptıkları çalışmada yonga levha, lif levha ve kontrplaklarda gaz analiz metoduna göre formaldehit emisyonunu belirlemişlerdir. Bu çalışmaya göre yonga levha ve kontrplak gaz analiz metoduna göre E1 ($\leq 3,5$ mg/m³h) limitleri içerisinde kalırken lif levhadaki emisyon değerleri bu limitin üzerinde E2 sınıfı olduğu tespit edilmiştir. Bundan dolayı lif levhaların mobilya üretiminde kullanılması insan sağlığı için tehlikeli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca gaz analiz metodunda levha türünün formaldehit emisyonuna etkisi rutubet miktarından daha önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Salem ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada yonga levha, lif levha ve kontrplak levhalarında gaz analiz ve oda metoduna göre formaldehit emisyonlarını belirlemişlerdir. Bu çalışmaya göre gaz analiz metoduna göre levha tipi ve kalınlığını formaldehit emisyonunu etkilediğini tespit etmişlerdir ve kontrplakta açığa çıkan emisyonun yonga ve lif levhaya göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca her

iki metod arasında iyi bir korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir ve ahşap esaslı levhaların yüzeyinin kaplanması formaldehit emisyonunu azalttığını belirtmişlerdir. Farklı tutkal tipi (üre formaldehit, melamin üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalı), farklı kalınlıklar (12 mm, 16 mm ve 18 mm) ve farklı yüzey kaplaması (kaplanmamış, melamin kaplı ve boyalı) kullanılarak yapılan bu çalışmada en düşük emisyon değerinin gaz analiz metoduna göre fenol formaldehit tutkalı ile üretilmiş kaplanmış 12 mm kalınlığındaki kontrplak levhalarından elde edilmiştir. Oda metoduna göre ise yine en düşük emisyon değerini kaplanmış 12 mm kalınlığındaki kontrplak levhalarda tespit etmişlerdir. Sonuç olarak levha kalınlığı arttıkça formaldehit emisyonunun arttığını ve yüzey kaplanmasının formaldehit emisyonunu azalttığını belirtmişlerdir.

Salem ve diğ. (2011) yaptıkları diğ. bir araştırmada kaplanmış ve kaplanmamış 16 mm, 18 mm ve 19 mm kalınlıklarında yonga levhaların Avrupa standartları EN 717-1 oda metodu, EN 717-2 gaz analiz metodu, EN 120 perfaratör metodu, Japon standardı JIS A1460 ve Amerikan standardı ASTM E1333-96' ya göre formaldehit emisyonlarını belirlemişlerdir. Buna göre bütün deney metodlarına göre 16 mm kalınlığında kaplanmış yonga levhada en düşük emisyon değerlerini tespit etmişlerdir. En yüksek emisyon değerlerini ise kaplanmamış 19 mm kalınlığındaki yonga levhada tespit etmişlerdir. Formaldehit emisyonu ile levha kalınlığı arasında anlamlı bir ilişki olduğu ve levha kalınlığı arttıkça formaldehit emisyonunun arttığını tespit etmişlerdir.

Park ve diğ. (2013) yaptıkları çalışmada yonga ve lif levhaların düşük basınçlı ile PVC (Polivinilklorür) ile kaplanmış, üre tan kaplı kağıt ile kaplanmış, direkt boyanmış ve ultra viole ile boyanmış olmak üzere beş farklı yüzey kaplamaları kullanarak 24 saat desikatör metodu ile formaldehit emisyonlarını belirlemişlerdir. Buna göre yüzeyi kaplanmış yonga ve lif levhaların formaldehit emisyonu kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında dramatik bir şekilde düştüğü tespit edilmiştir. Yonga ve lif levhalarda en düşük emisyon değerleri PVC kaplı levhalardan elde edilmiştir. Park ve diğ. (2013) yaptıkları diğ. bir araştırmada düşük basınç ile kaplanmış lif levha ile UV ile boyanmış lif levhanın Kore standardı KS M 1998 desikatör metoduna göre en düşük formaldehit emisyonu olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada formaldehit emisyonu levha tipi ve yüzey kaplama türünden etkilendiğini belirtmişlerdir. Wittmann O. (1989)

yaptığı çalışmada da ahşap esaslı levhaların yüzey kaplandığında formaldehit emisyonunun azaldığını tespit etmiştir.

Park ve diğ. (2011) desikatör, oda metodu ve perfaratör metodu ile kontrplak, yonga levha ve lif levhalarda formaldehit emisyonunu ve bu üç metod arasında korelasyonu belirlemek amaçlı çalışma yapmışlardır. Desikatör metodu ile oda metodu ve perfaratör metodu arasında iyi bir korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir. Formaldehit emisyonu olarak en düşük sırasıyla kontrplak, yonga levha ve lif levhada tespit etmişlerdir.

Que ve Furuno (2007) yaptıkları benzer çalışmada oda metodu ve desikatör metodu kullanarak yonga levha ve kontrplak numunelerinin emisyonlarını belirlemişlerdir. Buna göre yonga levhanın emisyon değerlerinin kontrplak numunelerine oranla daha düşük olduğunu ve iki metod arasında iyi bir korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir. Hava değişim oranı, sıcaklık ve rutubetin formaldehit emisyonu üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Martinez ve Belanche (2000) yaptıkları araştırmada üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş kontrplaknumunelerinin formaldehit emisyonlarını oda metodu ve perfaratör metoduna göre belirlemişlerdir. Buna göre kontrplak levhalarının formaldehit emisyonunun üretimde kullanılan ağaç türü, tutkal, üretim aşamaları, depolama şartları ve üst yüzeyinin kaplanmasından etkilediğini belirlemişlerdir. Ayrıca formaldehit emisyonu ile kullanılan numunenin fiziksel ve anatomik özellikleri arasında korelasyon kurulabileceğini belirtmiştir.

Guezguez ve diğ. (2013) kontrplak kullanılan yapıştırıcılar üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmaya göre kontrplak üretiminde melamin-üre formaldehit tutkalına soya tutkalı eklenerek (3:1oranında) formaldehit emisyonunun çok düşük değerlere indiğini tespit etmişlerdir.

Khamwichit ve Sanongraj (2014) yaptıkları araştırmada yonga levhanın formaldehit emisyonuna etkisi olan kalınlık, kondisyonlama sıcaklığı (20 °C, 35 °C ve 40 °C) ve kondisyonlama süresi (1, 2, 3, 4, 5 ve 7 gün) JIS A 1460 ve EN 120 standartlarına göre belirlemişlerdir. Buna göre yonga levha kalınlığının formaldehit emisyonuna anlamlı bir etkisini olmadığını tespit etmişlerdir. Kondisyonlama zamanı artıkça emisyonun

azaldığını ve kondisyonlama sıcaklığının 20 °C'de daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Sundman ve diğ. (2007) farklı standard metodlara göre (oda metodu, gaz analiz metodu, flask metodu, perfaratör metodu, desikatör metodu) yonga levha, lif levha kontrplak ve masif ağaç malzemenin formaldehit emisyonlarını belirlemişlerdir. Bu çalışma sonucunda metodlar arasında formaldehit emisyon farklılığını metodlardan kaynaklı farklı test kondisyon şartlarından olduğunu belirlemişlerdir.

Que ve diğ.(2013) yaptıkları araştırmada büyük oda metodu (Amerikan standardı ASTM E 1333-10) ve desikatör metotlarına (Japon standardı JIS A 1460-2001) göre 16 mm kalınlığında ham yonga levha ve lif levhanın formaldehit emisyonlarını belirlemişlerdir. Buna göre her iki levha türü için bu iki metot arasında iyi bir korelasyon olduğunu saptamışlardır ve 1 gün kondisyonlanan numunenin 7 gün kondisyonlanan numuneden daha fazla formaldehit emisyonu olduğunu belirtmişlerdir.

Nemli ve Kalaycıoğlu (1999) 18 mm ve 12 mm kalınlığında 0,70 g/cm³ özgül ağırlığında üretilmiş ham ve melamin emdirilmiş kağıt ile kaplanmış yonga levhaların bazı mekanik özelliklerini ve levhalardan ayrışan formaldehit miktarını belirlemişlerdir. Yapılan deneyler sonucu elde edilen değerlerden yonga levhaların mekanik özellikleri ve ayrışan formaldehit miktarı üzerinde melamin emdirilmiş kaplamanın etkili olduğunu saptamışlardır. Levha kalınlığının ise formaldehit miktarı üzerinde etkili olmadığını belirlemişlerdir. Ayrıca %65 bağıl nem ve 20 °C sıcaklık şartlarında üç ay bekletilen örneklerin ayrışan formaldehit miktarında önemli bir azalma olduğunu belirtmişlerdir. Yayılan formaldehit miktarındaki azalma melamin kaplılarda %16, üç aylık depolama süresi sonunda %26 oranlarında olduğunu tespit etmişlerdir. Depolama süresinin yayılan formaldehit miktarı üzerine etkisi kaplanmamış levhalarda ham levhalara göre daha belirgin olduğunu ve ince levhalarda ise kalın levhalara oranla daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir.

Que ve diğ. (2013) yaptıkları çalışmada üre formaldehit tutkalı kullanarak üretilmiş 16 mm kalınlığında lif levha, 9 mm kalınlığında kontrplak ve 16 mm kalınlığındaki yonga levhanın oda metoduna göre formaldehit emisyonlarını belirlemişlerdir. Buna göre en düşük formaldehit emisyonunu yonga levhada ve en yüksek formaldehit emisyonunu da lif levhada tespit etmişlerdir.

Böhm ve diğ. (2012) yapısal ve donatı olarak kullanılan masif ahşap, kontrplak ve parkenin formaldehit emisyonunu oda metodu (TS EN 717-1) ve gaz analiz metodu (TS EN 717-2) ile tespit etmişlerdir. Bunun sonucunda kontrplak üretiminde kullanılan ağaç türü ve levha kalınlığı formaldehit emisyonu üzerine anlamlı bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Formaldehit emisyonunun üretiminden bir hafta sonra çok fazla olduğunu ve iki hafta sonra emisyonun azalmaya başladığını tespit etmişlerdir.

Kim (2010) yaptığı çalışmada ahşap esaslı yer kaplamaları, normal kaplanmış kontrplak ile UV ile kaplanmış kontrplak numunesinin FLEC metodu ile formaldehit emisyonun tespit etmiştir. Buna göre UV ile kaplanmış kontrplakta formaldehit emisyonu dramatik bir şekilde düştüğünü ve ahşap esaslı yer kaplamasında son yüzey kaplaması yapıldıktan sonra da emisyonun azaldığını tespit etmiştir.

Salem ve diğ. (2013) yaptıkları araştırmada 15 mm kalınlığında fenol formaldehit tutkalı kullanarak kayın kontrplak'ın oda metodu ve gaz analiz metoduna göre formaldehit emisyonlarını belirlemişlerdir ve bunun sonucunda formaldehit emisyonunun E1 sınıfından daha düşük olduğunu ve kullanılan iki metod arasında korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

1.3 TÜRKİYE'DE ODUN ESASLI LEVHA SANAYİİ

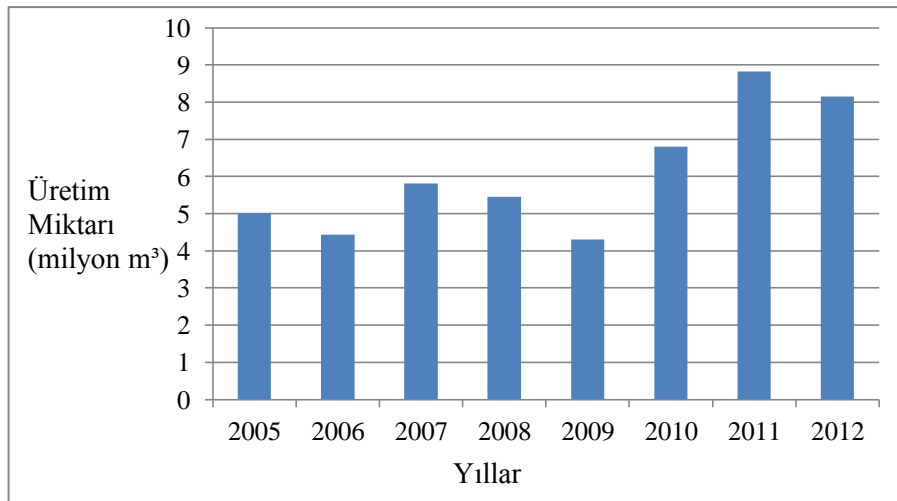
Türkiye orman ürünleri sanayii, imalat sanayi içinde %4'lük bir paya sahip olmasına karşın içerdiği kereste, mobilya, parke, yonga levha, kaplama, emprenye, ambalaj ve kağıt-karton gibi her biri ülke sanayi için ayrı bir önem taşıyan alt sanayi dalları ile göreceli bir öneme sahiptir. Levha sektörü gerek yonga levha, gerekse MDF olmak üzere genel olarak ekonomik krizlerden aşırı derecede etkilenen ürünlerdir. Genelde üretilen levhaların yaklaşık %80'i mobilya sanayinde, %20'si inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Bilindiği üzere mobilya her ne kadar ihtiyaç maddesi ise de diğer ihtiyaç maddeleri ile kıyaslandığı takdirde lüks tüketim maddesi olarak tanımlanabilmektedir. Bu itibarla piyasalardaki en küçük daralma veya ekonomik yavaşlama, sektörü ciddi biçimde etkilemektedir. Aynı şekilde, inşaat sektörü genel ekonomide sürükleyici sektör olmasının yanı sıra mobilya ve levha sektörünü doğrudan etkileyen sektör özelliğindedir. Nitekim Türkiye'deki mobilya imalatçıları belirli bölgelerde yoğunlaşmış olmakla birlikte ülke genelinde bir dağılım arz etmektedir. En

küçük yerleşim birimindeki marangoz atölyesinden otomasyona dayalı mobilya üreticilerine kadar yonga levha ve MDF kullanılmaktadır (Salman S. 2001).

Odunun yapısını değiştirmeyen bu endüstri kolu, ülkemizde son yıllarda hızlı bir gelişme göstermiş ve büyük bir önem kazanmış ve bölgesinde devamlı ihracat yapar konuma gelmiştir. Yonga levha endüstrisinde işlenen hammadde yakacak odun ile düşük nitelikteki diğer odun artıkları ve odun kabuğu olmasından dolayı da maliyeti daha düşük olmaktadır (Zengin H. 2010).

Yonga levha üretimi, ilk kez 1954 yılının İstanbul'da başlamıştır. Kamu girişimciliği ile kurulan yonga levha fabrikaları, esas itibariyle kereste ve kontrplak fabrikalarının artıklarının değerlendirilmesi ve mobilya endüstrisi ile inşaat sektörünün talep ettiği yonga levhanın üretimi amacıyla kurulduklarını belirtmektedir. Özel sektörün ise yonga levha endüstrisine yönelmesindeki temel amacın mobilya endüstrisine ve inşaat sektörüne hammadde sağlayarak sektörün ihtiyacını karşılamak için kurulmuşlardır (Zengin H. 2010).

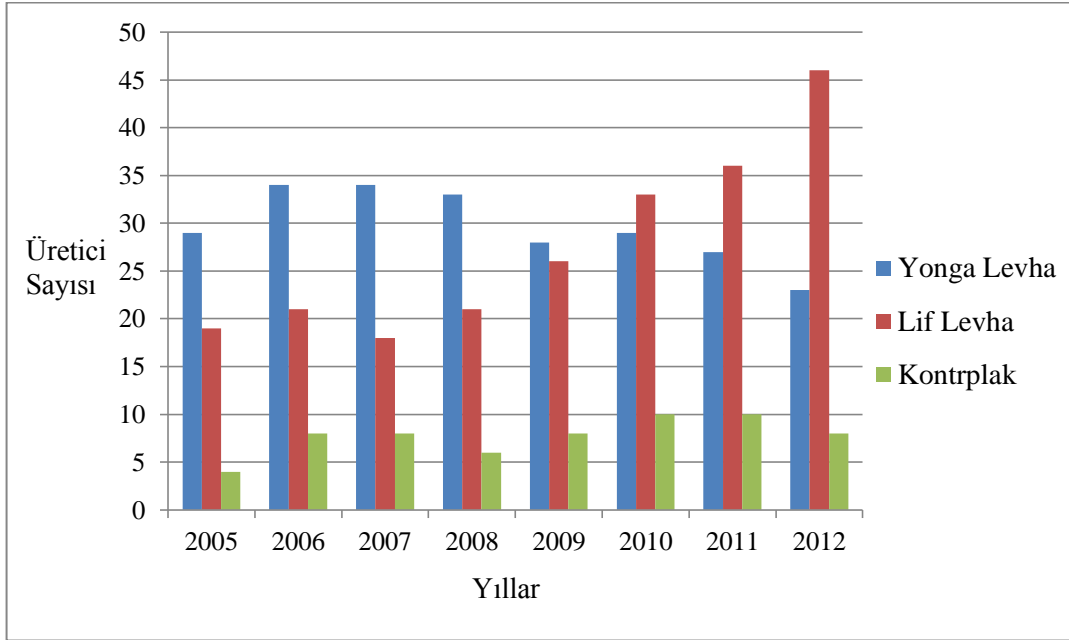
Şekil 1.1'de Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2014 verilerinden yıllara göre yonga levha üretim miktarları verilmektedir. Yonga levha üretim sektörü küçük dalgalanmalar yaşasa da son yıllarda hem üretim olarak hem de teknoloji olarak çok önemli ilerleme göstermiştir. Bunun sonucu olarak son yıllarda devamlı yeni yatırımlar ve yeni pazarlar elde edilmiş ve 2005 yılında üretim miktarı yaklaşık 5 milyon metreküp iken 2012'de yılında 8 milyon metreküpü geçmiştir.



Şekil 1.1. Yonga Levha Üretim Miktarı (TÜİK,2014).

Dünyada 2009 yılında 75,5m³ levha üretilmiştir. Türkiye yaklaşık 4,5 milyon metreküp levha üretimiyle 2009 yılında Çin, ABD ve Almanya'dan sonra dünyada en büyük levha üreticisi durumundadır (Anonim 2011).

Sektörde Şekil 1.2' de verildiği gibi 2012 yılında 8 kontrplak, 23 yonga levha, 46 lif levha üretim tesisi bulunmaktadır. Fakat yonga levha ve lif levha tesislerinde büyük bir kısmında yonga ve lif levha üretim hatları mevcuttur ve bunlar ayrı kategoride değerlendirilmiştir.



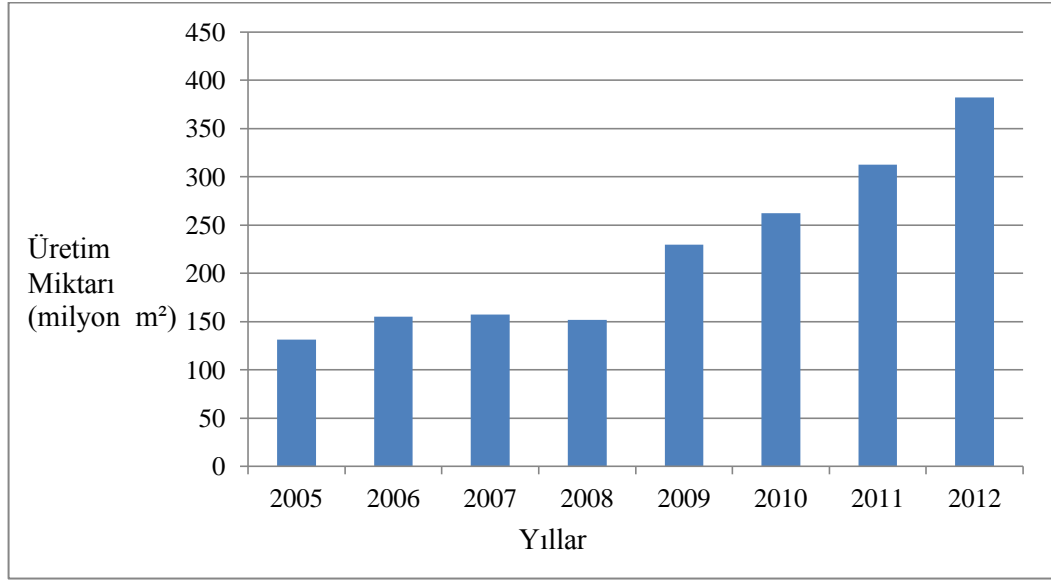
Şekil1.2. Türkiye'de Levha Üreticileri (TUİK,2014).

MDF ve yönlendirilmiş yonga levhaların mobilya üretiminde kullanımının hızla artması nedeniyle son yıllarda yonga levhanın kullanımında gerileme görülmektedir. Diğer taraftan yonga levha endüstrisinde hammadde olarak iğne yapraklı ağaç odunu kullanımına yönlendiği için üretim kalitesi yetersiz kalmaktadır. Buna hammadde yetersizliği ve maliyet artışları da eklenirse sektörün genel durumunun değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Salman S. 2001).

Dünyada ilk kez 1965 yılında bir MDF fabrikası kurulmuştur. Bunun ardından lif levhalar 1973 yılından itibaren Avrupa ülkelerinde üretilmeye başlamıştır. Ülkemizde ise ilk lif levha fabrikası 1985 yılında Ordu'da kurulmuştur. Bugün itibari ile

Türkiye'nin lif levha üretim kapasitesi birçok gelişmiş Avrupa ülkesini geride bırakmıştır (Zengin H. 2010).

Lif levha sektörünün büyük bir bölümü kuru yöntemle üretim yapmaktadır. Şekil 1.3 'de verildiği üzere üretim miktarı ülkenin ekonomik durumundan çabuk etkilenmesine rağmen 2008 yılı hariç her yıl üretimini artırmıştır. 2005 yılından 2012 yılına kadarki 7 yıllık süreçte üretim miktarını yaklaşık 3 kat artırarak 382 milyon metrekareye ulaşmıştır.



Şekil 1.3. Lif Levha Üretim Miktarı (TUİK,2014).

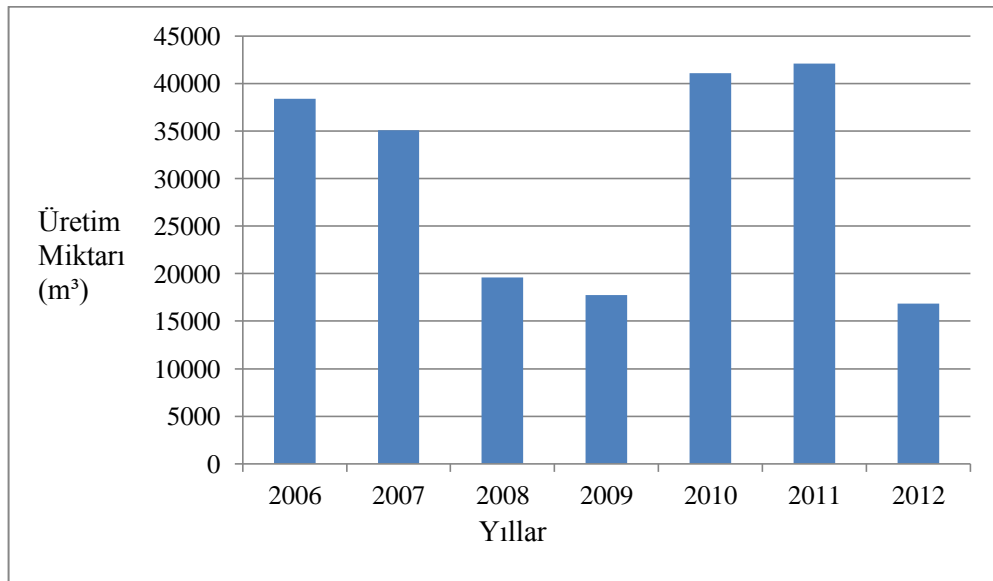
Türkiye'de yonga ve lif levha sektörü son yıllarda teknolojinin gerektirdiği altyapıya sahip olup sürekli ve kesintili (tek veya çok katlı pres) üretim yapmaktadır. Yonga ve lif levha sektöründeki tesislerin tamamında melamin kaplama hattı bulunmaktadır (Anonim-1 2011).

2010 yılında sektörün ihracatının %80'ini MDF oluştururken söz konusu ürün grubunun ihracatında 2009 yılına göre %18 artış olmuştur. 2010 yılında MDF ve Lif Levhalar ihracatından en çok payı değer bazında %55 ile İran almıştır. İran'ı Irak izlemekte olup, Azerbaycan, Gürcistan, Rusya Federasyonu, Türkmenistan diğer önemli pazarlar arasında yer almıştır. Yonga Levha, OSB ihracatından ise en çok payı değer bazında sırasıyla; Gürcistan, İran, Azerbaycan, Irak, Bulgaristan, Arnavutluk, Türkmenistan, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti. Suriye, Makedonya almıştır. İlk üç sırada bulunan

Gürcistan, İran ve Azerbaycan sektörün ihracat değerinin yarısını oluşturmaktadır (Anonim 2011).

Ülkemizde, levha sanayinin en önemli sorunu, sektörde hammadde yetersizliği ve yerli hammadde temininde yaşanan güçlüklerdir. Türkiye’de hammadde odun fiyatları dünya fiyatlarının 2 katı civarındadır. Odun fiyatları üretim maliyetlerini yükselterek yurtdışındaki üreticiler ile rekabeti zorlaştırmaktadır. Türkiye’de Orman Genel Müdürlüğü’nün ürettiği odunların fiyatının yüksek olmasının sebebi, fiyat üzerinde bulunan vergi ve fonların yüksek olmasıdır. Almanya ve Fransa kaynağında odun hammaddesine %5-7 arasında vergi uygulamaktadır. Avrupa’da odun fiyatı 30 Euro/m³ olduğu halde, Türkiye de aynı odunun fabrikaya maliyeti 65-70 Euro/m³’dür (Anonim 2011).

Ülkemizde kontrplak fabrikalarında çoğunlukla kavak ve kayın işlenmektedir. Bunun dışında çam, okaliptüs ve kızılğaçtan da üretim yapılmaktadır. Avrupa ülkelerinde bunlar dışında çeşitli tropik ağaçlar, huş, ihlamur, ladin ve douglas bu amaçla kullanılmaktadır (Anonim-2 2011). Ülkemizde 2014 yılı TÜİK verilerine göre 2012 yılında 8 adet kontrplak fabrikası bulunmakta ve toplam üretim kapasitesi 2012 yılı itibari ile 17000 m³ civarındadır. Şekil 1.4’de ülkemizde yıllara göre üretilen kontrplak miktarı verilmektedir.



Şekil 1.4. Kontrplak Üretim Miktarı (TÜİK,2014).

2000-2010 yılları arasında Türkiye'nin kontrplak ihracatı, 2009 yılındaki ekonomik krize kadar, genel olarak artış eğilimi göstermiştir. 2000 yılında 2,9 milyon \$ değerinde kontrplak ihracatı yapılırken, 2010 yılında 12,9 milyon \$'lık ihracat yapılmıştır. Son on yıllık dönemde, Türkiye'nin en fazla kontrplak ihracatı yaptığı yıl 22,4 milyon \$'la 2008 yılı olmuştur (Anonim-2 2011).

2000-2010 yılları arasında inişli çıkışlı bir trend gösteren Türkiye'nin kontrplak ithalatı, oransal olarak en büyük düşüşünü 2009 yılındaki ekonomik krizde yaşamıştır. Söz konusu yıl dışında genel olarak bakıldığında; 2002 yılından itibaren istikrarlı bir artış trendine giren kontrplak ithalatı, kriz sonrası %157 oranında artış göstermiştir (Anonim-2 2011).

Kontrplak Kullanım Alanları: Kontrplak inşaat sektöründe, mobilya üretiminde, ulaştırma sektöründe, ambalaj sanayinde, reklam standları ve trafik işaretleri gibi geniş yelpazeli kullanma avantajına sahip bir üründür. Kontrplak'ın kullanım alanları; İnşaat sektöründe kontrplak'ın kullanıldığı yerler (Beton kalıbı, parke altı kontrplak çiftliklerde iç duvar yapılarında, iç duvar ve dış duvarlarda döşeme ve kaplama malzemesi olarak, tarım ürünlerinin depolanması için sandık yapımında, merdiven basamaklarında, çatı yapımında, şantiye işleri için levhalarda, endüstriyel zeminlerde, depo için zeminlerde, kalıp sistemlerinde, ara bölme levhasında, platformlarda, yaya geçitlerinde, köprülerde, çocuk oyun bahçelerinde). Mobilya üretiminde kontrplak'ın kullanıldığı yerler (Mobilya için yan ve alt panellerde mobilya yüzey çalışmasında). Ulaştırma sektöründe kontrplak'ın kullanıldığı yerler (Tır, Treyler, Römorklar, Kamyonet ve otobüsler, konteynerler, romörkların duvar, tavan ve iç kaplamasında, membran tankları için izolasyon panelleri tamamlayıcısı olarak). Ambalaj sektöründe kontrplak'ın kullanıldığı yerler (Ahşap sandık Flightcase, yüksek kaliteli paketlenme, düşük kaliteli ambalaj). Kontrplak'ın diğer kullanım alanları (reklam standları, trafik işaretleri ve göstergelerde).

1.4 LİF LEVHA

MDF kelime anlamı ile orta yoğunlukta lif levha anlamına gelmekte ve İngilizce karşılığı olan Medium Density Fiberboard kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. MDF yaş yöntemle, yarı kuru yöntemle ve kuru yöntemle üretilmektedir. Bugün Dünya’da MDF büyük oranda kuru yöntemle üretilmektedir.

TS EN 316 standardına göre MDF, “orta sertlikte bir lif levha olup, ısı ve basınç uygulanarak ligno selülozik liflerden imal edilmiş, liflere bir sentetik yapıştırıcı madde ilave edilerek elde edilen anma kalınlığı en az 1,5 mm olan levhalardır” olarak tanımlanmaktadır.

Lif levhalar en az %80 oranında bitkisel lif içerdiklerinden ağaç malzemedeki olduğu gibi yüksek değerlerde mekanik ve teknolojik özelliklere sahiptirler. Üstelik ağaç malzemedeki bulunmayan bazı özellikler de sahiptirler. Masif ağaç malzemenin aksine direnç özellikleri değişik yönlerde farklıdır ve dolayısıyla homojen yapıda bir malzemedir. Ayrıca budak, çürüklük, lif kıvrıklığı gibi kusurlar bulunmamaktadır. Üç değişik yönde farklı çalışması sonucu masif ağaç malzemedeki görülen çarpılma, çatlama gibi sakıncalar söz konusu olmamaktadır. Diğer taraftan fabrikasyonda uygulanan çeşitli teknikler yardımı ile direnç, sertlik, özgül ağırlık gibi teknolojik özelliklerle boyutların istendiği gibi ayarlanması mümkündür. Odun esaslı bu ürünlerin avantajlarının yanında içerdiği formaldehit gibi kimyasallar bulundurulması gibi dezavantajları da vardır. Bunlara ilaveten, işlenmesi daha kolay olup geniş yüzeyleri düzenli olarak kaplanabilmektedir (Gedik T. 2005).

Üç ayrı yöntemle lif levha üretilmektedir; birincisi yaş yöntemle lif levha üretimi, bu yöntemle levha taslağının oluşturulması, tutkal ve diğer katkı maddelerinin katılarak ön prese taşınması sulu bir ortamda yapılmaktadır. Taslak rutubeti %100’den fazladır. Bu yöntemle üretilen lif levhaların %90 veya daha fazlasını odun veya diğer ligno-selülozik maddeler oluşturmaktadır. Yaş yöntemle lif levha üretiminde genelde yapışmayı sağlayan orta lameldeki lignin olup, levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini artırmak amacıyla isteğe bağlı olarak %1-3 oranında sentetik tutkal (fenol-formaldehit) veya kuruyan yağlar katılabilmektedir. Levhanın rutubetli ortamda çalışmasını önlemek amacıyla da parafin kullanılmaktadır. Levhaların yüzeyleri %7-12 oranında kuruyan ve

bazı sertleşen yağlar ile kaplandığında ekstra sert lif levhalar elde edilmektedir (Ayrılmış N. 2000).

İkincisi; yarı kuru yöntemle lif levha üretimi, bu yöntemle levha taslağı su yerine hava veya mekanik araçlar ile oluşturulmaktadır. Taslağın tutkal ve diğer katkı maddeleri katıldıktan sonra rutubeti %12-45 arasındadır (Ayrılmış N. 2000).

Üçüncüsü ve günümüzde en çok tercih edilen kuru yöntemle lif levha üretimidir. Bu yöntemde de levha taslağı hava veya mekanik araçlarla oluşturulmaktadır. Taslağın tutkal ve diğer katkı maddeleri katıldıktan sonraki rutubeti %9-11 arasındadır. Yarı kuru ve kuru yöntemde tutkal olarak tam kuru lif ağırlığına oranla %10 oranında sentetik tutkal katılmaktadır. Levhanın yaklaşık %80-90'ını odun hammaddesi oluşturmaktadır (Ayrılmış N. 2000).

Bu sistemde genellikle üre formaldehit tutkalı tercih edilmektedir. Bunun dışında, üretilen levhanın kullanım yeri ve özelliğine göre melamin formaldehit (MF), melamin – üre formaldehit (MÜF), fenol formaldehit (FF) reçineleri de kullanılmaktadır. Tutkal oranı; tutkalın cinsi, levhanın cinsi, levha yoğunluğu vb. faktörlere göre değişiklik göstermektedir (Candan Z. 2007).

Bu tutkalların kullanımı yanında fenolik tutkallar ve izosiyanat tutkallarda kullanılmaktadır. Bu tutkallar rutubete ve suya karşı dayanıklıdır. Dış hava şartlarına maruz kalan yerlerde kullanılacak MDF'ler için bu tutkallar uygundur. Levhanın özelliklerini etkileyen diğer faktörler sabit tutulduğu takdirde, kullanılan tutkal miktarının artması bir taraftan levhanın bütün direnç özellikleri ve stabilitesi iyileştirirken diğer taraftan tutkal miktarının % olarak artması levhanın kalınlık artımını olumsuz etkilemektedir. Fakat levhada uygun direnç özellikleri elde etmek için gerekli olan miktarlardan fazla tutkal kullanılması ekonomik nedenlerden dolayı arzu edilmemektedir (Ayrılmış N. 2000).

1.5 YONGA LEVHA

TS EN 309 standardı yonga levhayı “Odun parçacıklarına (ince odun parçacıkları, yonga, talaş, testere tozu vb.) veya yonga şeklindeki diğer lignoselülozik malzemelere (keten kırıntıları, kendir kırıntıları, suyu çıkarılmış şeker kamışı kırıntıları, saman vb.) polimerik yapıştırıcı eklenerek ısı ve basınç uygulaması ile imal edilen levha” olarak tanımlamaktadır.

Yonga levha üretiminde de lif levha üretiminde olduğu gibi genellikle üre formaldehit tutkalı tercih edilmektedir. Bunun dışında, üretilecek levhanın kullanım yeri ve özelliğine göre melamin formaldehit (MF), melamin – üre formaldehit (MÜF), fenol formaldehit (FF) reçineleri de kullanılmaktadır (Candan Z. 2007).

Yonga levha üretiminde temel olarak üç üretim teknolojisinden söz edilebilir. Bunlar yatık yongalı levha üretimi, dik yongalı levha üretimi (Okal Tipi) ve kalıplanmış yonga levha üretimidir. Bunların dışında Termodin Metodu, Collipres Metodu, Werzalit Metodu da bilinmektedir. Bütün üretim metotların da temel olarak işlemler aynıdır. Farklılık presleme tekniği, serme işlemi veya kullanılan bağlayıcıdan kaynaklanmaktadır. Presleme metoduna göre, levhalar yatık yongalı levha ve dik yongalı levha olarak adlandırılırken, presleme metodu hepsinde yatık olarak uygulandığı halde, serme işleminin farklılığından dolayı tek katlı ve çok katlı levhalar ile yönlendirilmiş levhalar elde edilebilmektedir. Kalıplanmış levhalarda yonga levhalar da ise elde edilecek ürünün nihai şekline göre özel kalıplar kullanılarak presleme yapılmaktadır. Kullanılan bağlayıcılar çimento ve alçı olunca, üretilen levhalarda buna uygun olarak çimentolu veya alçılı yonga levha olarak isimlendirilmektedir. Kısaca yukarıda belirtilen farklılıklar dışında diğer üretim safhaları hemen hemen aynıdır. Yonga levhalar, presleme öncesi mekanik veya havalı sermenin kullanıldığı kuru yöntemle ve genellikle üç tabakalı üretilirler. Levha üst yüzeyleri ince yongalardan, orta tabaka ise kaba yongalardan oluşur. Yonga levhalar tarımsal artıklardan da üretilebilir. Sıcak preslemeden sonra levhaların uygun bir şekilde soğutulması gerekmektedir. Bu amaçla yıldız soğutucular kullanılmaktadır. Soğutma işlemi uygulanmadan istiflenen üre formaldehit ile yapıştırılmış yonga levhalar rutubetin de etkisi ile bozulmakta ve yapışma direnci azalmaktadır. Fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda ise soğutma uygulanmaksızın istifleme yapmanın bir sakıncası olmamaktadır. Levhalar

soğutulduktan sonra daire testerelerle standart boyutlara veya müşteri isteği doğrultusunda istenilen boyutlara getirilirler. Boyutlandırılan levhalar yüzey düzgünlüğünü artırmak, kalınlık hatalarını gidermek, sonradan uygulanacak yüzey işlemlerine hazır hale getirmek için zımparalanmaktadır. Zımparalama için fabrika büyüklüğüne göre 2-4 silindirik zımparalama makineleri kullanılmaktadır. Zımparalamadan sonra yonga levhalar yüzey görünümlerine göre sınıflandırılmakta ve düz altlıklar üzerine istiflenmektedirler. Bundan sonra, bir kısmı yüzeyi kaplanmamış olarak piyasaya sunulur, bir kısmı da kaplanmak üzere melamin hattına verilir ve melamin emdirilmiş kâğıtlarla kaplandıktan sonra piyasaya sunulmaktadır (Dayanıklıoğlu S. 2004).

1.6 KONTRPLAK

TS 2128 EN 313-2 Kontrplak; Genellikle lifleri birbirine dik yönde, birbirini takip edecek şekilde (üst üste) yapıştırılmış tabakalardan oluşan levha olarak tanımlanmaktadır.

Kontrplaklar en az 3 adet kurutulmuş ağaç katmanından yapılıdır. Bu katmanlar, üst üste gelenlerin lif yönleri birbirine dik olacak şekilde yerleştirilir. Yüzeylerin aynı yönde olması gerektiğinden paneller tek sayıdaki katmanlardan oluşur (Anonim-2 2011).

Kontrplak üretim teknolojisi bakımından dağınık traheli yapraklı ağaç türleri daha uygundur. Ancak yapraklı ağaç türlerinin yanı sıra çam, ladin, duglas göknarı gibi iğne yapraklı ağaç türleri de kullanılmaktadır. Pratikte genel olarak kaplama soyma özellikleri iyi olan ağaç türlerinden üretilen kaplamalar yüzey tabakalarında, pek iyi olmayanlar ise ara tabakalarda kullanılmaktadır (Bardak T. 2010).

Genel amaçlı kontrplağın üretiminde üre-formaldehit, suya ve dış hava şartlarına açık kullanım yerleri için ise genellikle fenol-formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. Tutkal içersine çeşitli dolgu (un vb.) ve katkı (sertleştirici vb.) maddeleri katılabilmektedir (Bardak T. 2010).

Soyma kaplama için kullanılacak tomruğun; silindirik, özü merkezde, kalın çaplı, homojen yapıda düzgün lifli, kusur oranı (budak, çatlak vb.) mümkün olduğu kadar az reaksiyon odunu içermeyen özelliklere sahip olması istenmektedir. İlkbahar ve yaz

odunu kontrastı fazla olamayan, yeknesak yapılı tomruk daha düzgün yüzeyli, kalınlığı homojen kaplama eldesi bakımından uygunluk göstermektedir. Tomruk liflerinin düzgün olması ise üretilen kaplamaların yüzey düzgünlüğünün sağlanması ve kurutmada deformasyonların oluşmaması için önemli bulunmaktadır. Soyma sırasında kavrama başlıklarının sıkıştırma basıncı ile çatlak olan tomruk tamamen yarılabılır. Ayrıca budaklar da kaplama üretimi için önemli bir kusurdur. Dal odununun gövdedeki uzantısı olan budak, daha yoğun ve genelde çatlaktır. Ayrıca budak çevresindeki gövde odununa ait liflerde boyuna eksenden sapmalar olmaktadır (Bardak T. 2010).

Ana hatları ile kontrplak üretim teknolojisi;

Hammadde; Kontrplak üretiminde kullanılacak tomrukların silindirik, çapı en az 35 cm özü merkezde, yıllık halkaları homojen büyümeyi göstermeli, reaksiyon odunu, çürük, budak, çatlak ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar olmamalıdır. İğne yapraklı ağaç türlerinin kabukları soyulmalıdır. Tomrukların çatlama ve çürümesini önlemek için gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu maksatla, su içinde bekletme yağmurlama, enine kesitlere ve kabuğun düştüğü yerlere kurumayı ve çürümeyi önleyecek kimyasal maddeler sürme işlemi uygulanabilir. Tomruklar cins, çap, boy ve kalite özelliklerine göre ayrı ayrı istif edilebilir. Çünkü ara tabakalarda kullanılan kaplamaların kalitesi yüzey tabakalarında kullanılan kaplamalardan daha düşüktür (Bardak T. 2010).

Buharlama; Taze halde olmak şartıyla Kavak, Huş, Söğüt, İhlamur gibi bazı ağaç türlerinin yumuşatılmak üzere buhar mahzenlerinde belli sıcaklık ve süre içerisinde buharlanması gerekir. Aksi halde tomruklardan düzgün yüzeyli kaplama elde etmek mümkün olmaz. Yurdumuzdaki kontrplak fabrikalarında tomrukların yumuşatılması için buharlama odaları ve buharlama mahzenleri kullanılmakta ve genellikle buharlama doğrudan veya dolaylı ısıtma ile yapılmaktadır (Bardak T. 2010).

Kabuk soyma ve boyutlandırma; Buharlanan tomruklar elde edilecek soyma kaplamanın kontrplakta kullanılacağı pozisyona (lif yönünün levha uzun eksenine dik veya paralel olması) göre boyutlandırılır. Daha sonra kabukları soyulur ve merkezleştirildikten sonra kaplama soyma makinesine verilir (Bardak T. 2010).

Soyma; İstenilen boyuta getirilmiş ve merkezden kavranmış olan tomruk pozisyonu bozulmadan soyma makinesinin kavrama kolları arasına yerleştirilir. Tomruk kendi

eksenine paralel olarak meyilli bir şekilde yerleştirilen bıçağa doğru döndürülerek soyulur. Soyma işleminin düzgün olarak gerçekleşebilmesi için bıçağın uç kısmında odunu sıkıştıran bir basınç levhası bulunmaktadır. Basınç levhası ile bıçak arasındaki düşey ve yatay açıklık basıncın yerini ve miktarını tayin eder. Kontrplağın özellikleri büyük ölçüde üretildiği kaplamanın kalitesi belirler. Kaplama kalitesi ise ağaç türüne, bunun soymaya hazırlanışına, soyma makinesine ve ayarına bağlıdır (Bardak T. 2010).

Kurutma; Soyulan kaplamalar boyutlandırıldıktan ve kusurlardan arındırıldıktan sonra kurutma makinelerinde yaklaşık 150-200 °C sıcaklıklarda %4-8 rutubete kadar kurutulur. Üretilen levha boyutlarına uygun olmayan dar kaplamalar ekleme makinelerinde yan yana eklenmektedir (Bardak T. 2010).

Tutkallama; Kurutulan kaplamalar tutkallama makinelerinde 1 m² yüzeye yaklaşık 180-200 gr tutkal gelecek şekilde tutkallanır. Kullanılan tutkal kontrplağın kullanım yerine uygun olmalıdır. Genel amaçlı kontrplağın üretiminde üre-formaldehit, suya ve dış hava şartlarına açık kullanım yerleri için ise genellikle fenol-formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. Tutkal içersine çeşitli dolgu (un vb.) ve katkı (sertleştirici vb.) maddeleri katılabilmektedir (Bardak T. 2010).

Taslak hazırlama; Tutkallı kaplamalar üretilen kontrplak kalınlığına ve kat sayısına göre lifleri birbirine dik ve tek sayıda olacak şekilde üst üste konularak taslak hazırlanır (Bardak T. 2010).

Soğuk presleme; Hazırlanan taslaklar genellikle soğuk preste tutkalın tüm yüzeye düzgün bir şekilde yayılmasını sağlamak için 5-10 kg/cm² basınç altında yaklaşık 5-15 dakika süreyle preslenirler (Bardak T. 2010).

Sıcak presleme; Kullanılan tutkal tipi ve kontrplak kalınlığına göre taslaklar sıcak preste yeterli basınç (8-15 kg/cm²), süre (genelde her mm levha kalınlığı için 1 dak.) ve sıcaklıkta (tutkal türüne göre 110-140 derece) preslenerek tutkalın sertleşmesi sağlanır. Kontrplakların preslenmesinde çok katlı hidrolik sıcak presler kullanılmaktadır (Bardak T. 2010).

Boyutlandırma; Presten çıkarılan levhalar soğutulduktan sonra kenarları alınarak satışa hazır hale getirilirler. Eğer istenirse zımparalama yapılabilir ve yüzeyleri çeşitli özelliklere sahip kaplama malzemeleri ile kaplanabilir (Bardak T. 2010).

1.7 LEVHA YÜZEYİNİN KAPLANMASI

Yonga levha, lif levha ve kontrplak gibi ahşap esaslı levhalar yüzeyi kaplanmamış bir ürün olarak mobilya ve dekorasyon endüstrisinde bir anlam ifade etmediği gibi estetik anlamda da mobilya üretiminde uygun değildir. Ahşap esaslı levhaların mobilya üretiminde ve iç mekan donatı elemanı olarak kullanılması için, levha yüzeylerinin ve levha kenarlarının çeşitli kaplamalar ile kaplanması gerekmektedir. Bu kaplama çeşitleri çeşitli kullanım alanına göre mobilya üretiminde, lambri ve tavan kaplamaları gibi ürünlerin üretiminde değişiklik göstermektedir. Bunun amacı levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirmek, dekoratif görüntü sağlamak, estetik değerini artırmak ve levha yüzeylerinde renk ve desen beraberliğini sağlamaktır. Levhaların yüzeyinin kaplanması insan sağlığı için önemi ise formaldehit emisyonunu azaltmasıdır (Budakçı M. ve Akkuş M. 2011).

Bir nihai ürün olarak, ahşap esaslı levhaların bir takım yüzey işlemlerinden geçmesi gerekmektedir. Bunlar çeşitli işlemler aracılığı ile polivinil klorür, kaplama kağıdı, ultra viole kaplama gibi levha üzeri kaplanarak hem son kullanım için uygunluk sağlar hem de formaldehit emisyonunu azaltmaktadır (Park Y. C. at. al. 2013). Zengin desen ve renk çeşidiyle sunulan yüzeyi kaplanmış levhalar yaşadığımız tüm mekanlarda dekorasyon olarak mutfak, banyo ve modüler mobilya üretiminde kullanılmaktadır.

1.7.1. Melamin Kaplama

TS EN 14322 standardına göre melamin kaplı levha; Levha alt tabakalarının bir veya iki yüzüne muamele edilmemiş amino plâstik reçine emdirilmiş kâğıt doğrudan uygulanarak ve aynı süreçte orta bölümde yapıştırıcı kullanmadan sıcaklık ve basınç kullanarak yapışma ve polimerizasyonun sağlanmasıyla hazırlanmış levhalara melamin yüzü levhalar denmektedir. Yüzey tabakasının reçinesi bir amino plâstik reçinesidir (büyük ölçüde melamin reçinesi).

Bu kağıtların özelliklerini reçine miktarı ve reçine çeşidi etkilemekte olup, melamin ve polyester reçineleri ile emprenye edilmektedirler. Melamin emdirilmiş kağıtlarda, stabil renk ve çizilmeye karşı dayanıklılık söz konusudur. Melamin ve polyester reçinelerine üre formaldehit reçinesi karıştırılarak kağıtların dayanma süreleri uzatılabilmektedir. Bu tür kağıtlarda, toplam kağıt ağırlığının %50-%60'ı oranında reçine emdirilmektedir. Kağıtların gramajları, 80-150 gr/m² arasında değişmektedir (Nemli G. 1995).

1.7.2. PVC Kaplama

PVC folyolar, vakum presler ile iç ve dış mekan mobilya üretiminde kullanılmaktadır. Termoplastik özelliklerinden dolayı presleme esnasında 3 boyutlu kapı, mutfak kapakları ve gardırop gibi yüzeylere kolayca estetik ve ahşap görünümlü olarak uygulanmaktadır. Ayrıca profil, süpürgelik ve lambri kaplamada da kullanılmaktadır. Çizilmeye dayanıklı, keskin köşe ve kanallarda iyi sonuç veren yüzeyi bakteri tutmayan dekoratif bir yüzey kaplama malzemesidir. Kullanım yerine göre çeşitlilik göstermektedir. PVC kaplı levhaların üretim aşaması şöyledir; Öncelikle tek yüz MDF-lam veya yonga-lam istenilen model işlenir ve istenilen ölçülerde kesilir. Daha sonra yüzeye çekilen model de freze bıçakların bıraktığı darbe ve çapak izleri zımpara ile düzeltilir. İşin kaliteli olabilmesi için zımparanın çok iyi yapılması gerekir. Daha sonra tutkallama işlemine geçilir. Tutkallama işlemi, tutkal tabancası yardımı ile yüzeye çeşidine göre 55 ile 75 derece sıcaklıkta aktif hale gelebilen PVC tutkalı atılır. Üzerindeki tutkal kuruduktan sonra kaplamaya hazır olan ebatlanmış levhalar prese, arasında belirli bir boşluk bırakılarak dizilir ve üzerine PVC Membran ve vakum folyo serilir. Presin tablası hava almaması için komple kapatılır. Presleme işleminden sonra artık PVC folyo, levhalara yapıştırılmıştır. Bu presleme işleminde, presin folyoya uyguladığı ısı yaklaşık 55-80 °C derecede arasındadır. Aynı zamanda uyguladığı basınç ise 6 bar ile 14 bar arasındadır. Presleme işleminden sonra PVC folyo fazlalık kısmından kesilir ve ısınan kapaklar soğumaya bırakılır. Tutkallama aşamasında kapakların altına bulaşan tutkallar silinir (URL-1 2014).

Dekoratif yüzey kaplaması olarak kullanılan PVC kaplamalar su ve rutubet geçirmezlikleri, aşınmaya karşı yüksek direnç göstermeleri, kimyasal etkenlere karşı dirençlerinin yüksek olması, eskime ve ışığa karşı dayanıklı olmalarından dolayı tercih edilmektedir (Nemli G 1995).

1.7.3. Boya ile Kaplama

Parlak bir mobilya cilası olan lake boya, renksiz ya da renkli olabilir. Pürüzsüz görünümünden dolayı mobilyalarda çekici bir görünüm kazandırmaktadır. Odun esaslı levhalara uygulanmaktadır. Boyama işlemine geçmeden önce mobilya aksamının boyaya uygun hale getirilmesi gereklidir. Bu işlem için; yonga levhalarda ilk önce macun çekilmeli ve zımparalanmalıdır. Lif levhalarda ise poliüretan astar boya ile dolgulandırılmalıdır. Poliüretan astar MDF yüzeyi dolana kadar en az 4 kat boyanmalıdır. Her katta pürüz alınarak dolgu yüzeyinin daha iyi olması sağlanmalıdır. Dolgu işlemi 1 gün içerisinde bitirilmeli ve en az 12 saat kurumaya beklenmelidir. Dolgulama işlemi sonucunda mobilya yüzeyinde hala kırık ezik ya da çizik türü kapanmamış alan varsa; astarlı yüzey için lake emaye macun ile, polyesterli yüzey için polyester macunu kullanılmalıdır. Daha sonra zımparalama işlemine geçilir. Zımparalama işlemi lake boyanın en önemli aşamalarından biridir. Zımparadan sonra selülozik astar boya ile astarlanan mobilya yüzeyinde son hata denetimi yapılır. İnce bir ya da iki kat selülozik astar atılır. Selülozik astar boyadan sonra eğer macun yeri varsa o bölge macunlanır. Macun zımparası ve astar zımparası yapılarak son kat boya işlemine hazır hale getirilir. Macun zımparası yapılırken etrafta macun artığı bırakmamaya dikkat edilmelidir. Zemin yüzeyle sıfır olmalıdır. Astar zımparası yapılırken çizik oluşmamasına dikkat edilmeli, ince zımpara kullanılmalı, eğer mevcut ise sünger zımpara kullanılmalıdır. Bu aşama, son kat boya işleminin ilk aşamasıdır. Zımparalanmış selülozik astar üzerine selülozik beyaz boya ya da Poliüretan son kat beyaz boya atılır. Beyaz boya 1 kat şeklinde uygulanmalı en az 1 saat kurumaya bekletilmelidir. Son kat boya işlemi için kullanılacak boya poliüretan son kat beyaz boya ya da akrilik son kat beyaz boyadır. Akrilik boya, sararma olayının daha geç gerçekleşmesi için daha uygundur. Uygulama işlemi her tarafına 1 kat atılır ve pürüz kırılarak 3-4-5 kat şeklinde katlar halinde boyama işlemi gerçekleşir. En son aşamada cilalama ve parlatma işlemleri yapılır (URL-2 2014).

Boya ile kaplanan ahşap saslı levhaların yüzeyleri çok değişik görünüş ve özelliklerde olabilir. Yüzeyler mat, yarı mat ve parlak olabilir (Akkılıç H. 1998).

1.8 LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN TUTKALLAR

Günümüzde orman endüstrisinde sentetik reçine kullanımını hızla artmıştır. Sentetik reçinelerin en önemli üyeleri üre-formaldehit, melamin-formaldehit ve fenol-formaldehit tutkallarıdır. Üretilecek levhanın kullanım yeri ve özelliğine göre bu tutkallar kullanılmakta ve çeşitli kimyasallarla da modifiye edilmektedir. Tutkal oranı; tutkalın cinsi, levhanın cinsi, levha yoğunluğu levhanın kullanım yeri ve formaldehit sınıfı gibi faktörlere göre değişiklik göstermektedir (Candan Z. 2007).

Odun esaslı levhalarda formaldehit yayılımı başlıca üre formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkallarından kaynaklanmaktadır. Fenol formaldehit, polimerik isosiyanat ve tanen formaldehit doğal tutkallardan çok düşük miktarda formaldehit emisyonu söz konusudur. Bu tutkallardan üretilen odun esaslı levhalara ait formaldehit emisyonu miktarı odunun bünyesinden yayılan formaldehit miktarına yakındır (Boran S. ve Çavdar A.D. 2011).

Gerek yapı malzemeleri olarak, gerekse mobilya endüstrisinde kullanılması durumunda yonga ve lif levhaların ya da benzeri ağaç malzemelerin rutubete karşı dayanıklı hale getirilmesi, formaldehitin olumlu sonuç verdiği ama mekanik özelliklerde asit katalizörlerin kullanılması halinde ağaç malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir. Formaldehit oranındaki değişiklikler mekanik özellikleri de etkilemektedir (Kurtoğlu A ve Uçar G. 1986).

1.8.1 Üre Formaldehit Tutkalı

Üre formaldehit tutkalı, dünyada odun esaslı levha üretiminde en çok tercih edilen tutkaldır. Çünkü fiyatı diğer tutkallara göre daha ucuz, sıcak preste sertleşme süresi daha kısa, rengi şeffaf ve elde edilen levhaların performans özellikleri standartlarda verilen değerleri karşılamaktadır (Candan Z. 2007). ÜF tutkalı sahip olduğu bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları da vardır. Bu tutkal, dış hava şartlarına dayanıklı levhaların üretiminde kullanılmamakta ve zamanla ham levhalardan serbest formaldehit emisyonu meydana gelmektedir ve havalandırılmanın az olduğu kapalı alanlarda kullanılması ile insan sağlığını olumsuz etkilemektedir (Ayrılmış N. 2000).

Genel olarak üre formaldehit tutkalı rutubetli koşullara dayanıklı olmadığı dolayısı ile iç mekânlarda uygulanacak ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Üre formaldehit tutkalındaki formaldehit oranı azaltılarak, üretilecek levhanın formaldehit emisyonu azaltılabilir. Fakat bu durumda, tutkalın preste sertleşme süresi uzamasına ve fabrikanın kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Levhanın formaldehit emisyonunun yüksek olması sağlık açısından sakıncalıdır. Ahşap esaslı levhalarda formaldehit TS EN 13986/Mart 2007 standardına göre E1 ve E2 olmak üzere iki sınıfa ayırmıştır. Avrupa Birliği tarafından diğer ülkelerden odun esaslı ürün alımlarında E1 sınıfı zorunlu tutulmaktadır. Formaldehit mol oranı düşürülerek formaldehit emisyonu düşük tutkallar üretilebilmektedir. Ülkemizde ihracat yapan levha fabrikaları E1 sınıfı tutkal kullanmakta, bu levhaları hammadde olarak kullanan mobilya üreticileri de E1 tutkalı ile üretilen levhalardan üretim yapmak zorundadır.

Üre ile formaldehit arasındaki reaksiyon hızı ve seyri; çeşitli kondensasyon kademelerindeki pH değeri, üre ve formaldehit arasındaki oran (mol ilişkisi), kondensasyon esnasında çeşitli bileşenlerin konsantrasyonu, kondensasyon süresi ve sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Formaldehit emisyonu da bu etkenlerin sonucu yüksek ya da düşük olmaktadır (Çolakoğlu G. 1993).

Formaldehit oranı yüksek ÜF-tutkalarında (örneğin kaplama tutkalarında Ü/F, mol oranı yaklaşık 1/1,71 olan) serbest formaldehit miktarı daha yüksektir. Üre ve formaldehit arasındaki kondensasyon reaksiyonunun seyri çeşitli yollarla değiştirilebilir. Örneğin fazla miktarda formaldehit (Ü/F, 1/3) ile üre pH 3'den düşük ortamda ön kondensasyon oluşturur ve bunu takiben pH yavaş yavaş yükselttilerek ilave ürenin katılmasıyla kondensasyon pH 8 civarında devam ettirilir. Bu şekilde üretilmiş ÜF tutkalları geleneksel yöntemle üretilmiş, aynı mol oranına sahip tutkallarla kıyaslandığında çok daha düşük serbest formaldehit oranı göstermektedir. Ayrıca bu tür reçinelerle üretilmiş yonga levhalardan geleneksel yöntem ile üretilmiş ÜF' nin kullanıldığı yonga levhalara göre çok daha az formaldehit ayrışmaktadır. ÜF tutkalının kullanım amaçlarına göre ayarlanması gereken özellikleri arasında; viskozite, soğuk uygulanabilirlik, mol oranı, reaktivite, pH, tampon kapasitesi, depolanabilirlik ve parafin gibi ilave maddelerle uyumluluk gösterebilir (Çolakoğlu G. 1993).

ÜF tutkalı, termosetting bir yapıya sahiptir. Yani bir kere sertleşir. Sertleştikten sonra ısıtarak veya kimyasal bir çözücü kullanarak yeniden yumuşatılamaz. Bu tutkalın sertleşmesi için mutlaka bir sertleştirici gereklidir. Isı, tek başına sertleştirme ve suda çözünmezlik için yeterli olmamaktadır. Levha üretiminde kullanılan ağaç türlerinin pH değerine göre tutkal içindeki sertleştirici oranı belirlenmektedir. Eğer ağaç türünün pH değeri düşük(asidik) ise sertleştirici oranı azaltılır. Aksi takdirde, tutkal sıcak prese gelmeden ön sertleşmeye uğrar. ÜF tutkalı kullanıldığı takdirde son sertleşme için taslak orta kısmının 100°C olması gerekmektedir (Ayrılmış N. 2000). ÜF tutkalı ile üretilen MDF yüzeyine üst yüzey işlemlerinin kolay uygulanmaktadır. Bundan dolayı da son kullanım yerinde odun zararlılarına karşı dayanıklı yapısal ürünler elde edilmektedir (Leungprasert S. 2003).

1.8.2 Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol formaldehit tutkalı, fenol ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu ile elde edilen bir reçinedir. Ahşap kompozit levha üretiminde üre formaldehit tutkalından sonra en fazla tercih edilen tutkaldır. Fenol tutkalı suya, mantar ve böcek zararlarına, asit, yağ ve organik çözücülerin etkilerine karşı dayanıklıdır. Fenol formaldehit (FF) tutkalı meydana geliş biçimine göre novalak, resitol ve resit gibi isimler almaktadır. Tutkallama amacıyla genellikle resol kullanılır. 1 mol fenol ile 1.1 – 2 mol formaldehitin alkali ortamlarda işlem görmesiyle FF oluşur. Fenol renksiz ve aşırı zehirli bir kimyasal maddedir. Fakat FF tutkalının rengi şarap rengine (koyu) benzemektedir. FF tutkalı suya ve kaynatma işlemine karşı oldukça dayanıklıdır. Bu nedenle FF kullanılarak elde edilen kompozit levha ürünleri dış hava şartlarına karşı oldukça dayanıklıdır. İlave bir sertleştirici katılmaksızın 135 – 155 °C arasında sertleşmektedir. Sertleşme süresi melamin ve üreye göre daha uzun olduğu için sıcak preslemede daha yüksek sıcaklık ve süre uygulanmalıdır. Rezorsin sertleştirici olarak kullanıldığında daha düşük sıcaklıkta sertleşme sağlanır. Fakat rezorsinin fiyatı yüksek olduğu için bunun yerine potasyum karbonat kullanılır. Potasyum karbonat kullanımı da bazı olumsuz etkilere sahiptir. Örneğin, sıcak presleme sonrasında levha yüzeylerinde bazı lekelenmelere sebep olmaktadır (Candan Z. 2007).

MDF üretiminde ÜF tutkalından sonra en çok kullanılan tutkal fenol-formaldehit tutkalıdır. FF tutkalı fenol ve formaldehit maddelerinin, paslanmaz çelikten yapılan

reaktörde sıcaklık etkisi ve katalizör yardımı ile yaptıkları bir kondenzasyon ürünü olarak elde edilmektedir (Ayrılmış N. 2000). FF tutkalının, ÜF ve MÜF tutkallarıyla karşılaştırıldığında yapışma direnci, dayanıklılık ve üretim sonrası ayrışan formaldehit miktarının daha az olması gibi üstünlükleri vardır (Çolakoğlu G. 1993).

1.8.3 Melamin formaldehit Tutkalı

Melamin tutkalı da denilen bu tutkallar da tıpkı üre formaldehit tutkalı gibi bir kondenzasyon ürünüdür. Reaksiyon, pH değeri 5-6 olan bir çözeltide Melamin formaldehit mol oranı 1/ 2-4 olacak şekilde karıştırılmasıyla başlar ve kademeli olarak ilerler. Reaksiyon, üre ve fenol formaldehit tutkallarında olduğu gibi sonuna kadar devam ettirilmeden, oluşan kondenzasyon ürünleri suda çözünebilir durumda iken, çözeltinin nötrleştirilmesi ve soğutulmasıyla durdurulur. Ancak, karışımda bulunan reaksiyon aktivitesini artırıcı maddelerde oda sıcaklığındaki kondenzasyonun ilerlemesine ve dolayısıyla depolama ömrünün kısılmasına neden olurlar. Bu kusuru gidermek üzere de melamin tutkalları toz halinde üretilmektedir. Bu durumda tutkal serin yerde bir yıl saklamak mümkündür. Toz halindeki tutkal 1/0,5 oranında suda çözülerek sıvı tutkal haline getirilebilir. Melamin tutkalı üre formaldehit tutkalından daha pahalı olduğu için nadiren saf halde kullanılabilir. Sıcak presleme sırasında, yarıda kalan reaksiyon sıcaklık ve katalizörlerin etkisiyle yeniden başlar ve sonuna kadar devam eder. Sonuçta, suda çözünmeyen ve erimeyen bir madde oluşur. Melamin formaldehit tutkalının renginin beyaz olması ve suya dayanıklı oluşu, odun esaslı levhadan yonga levha, lif levha, kontrplak gibi ürünlerin yüzeyinin kaplanmasında kullanılan çeşitli kağıt türlerinin emprenye edilmesinde ve film tutkallarının üretiminde kullanılır (Ayrılmış N. 2000).

Sertleşmiş melamin tutkalı suda çözünmezlikten de ileri olarak kaynatmaya dayanıklı hale gelmektedir. Bunda melaminin halka yapısının sonunda kuvvetli bir ağ dokusu oluşturması rol oynamaktadır. Bu özelliği ile melamin tutkalı kontrplak tutkallama işleminde renginin de beyaz olması nedeniyle fenol tutkallarından üstün tutulmaktadır. Pahalılığı kısmen üre tutkalı ile karıştırılarak kullanılmakla giderilmektedir. Melamin tutkalının yüksek derecede suya dayanıklı kalabilmesi üre formaldehit tutkalı ile karıştırılarak kullanıldığında bu oranın %25 ila %75 arasında kalması gerekmektedir. Ayrıca ısı stabilitesinin ÜF tutkalından daha yüksek olması, düşük sıcaklıklarda ve

sertleştirici katılmaksızın sertleşebilmesi bu tutkalının diğer önemli avantajıdır (Ayrılmış N. 2000).

MÜF tutkalları yonga ve lif levhalarda ÜF tutkalına alternatif olarak hem formaldehit emisyonunu azaltmak hem de levhaların fiziksel özelliklerini geliştirmek amacı ile geliştirilen bir tutkaldır. MÜF tutkalları suya karşı dirençli olması ve fiziksel özellikleri bakımından ÜF tutkalına göre daha iyi değerler vermesi diğer avantajlarıdır (No Y. B. 2002).

1.8.4 Diğer Yapıştırıcılar

Doğal tutkallar büyük oranda yaş yöntemiyle lif levha üretiminde değerlendirilmektedir. Yaş yöntemiyle lif levha üretiminde, geçmişte olduğu gibi günümüzde de tutkal olarak odunun yaklaşık %30'unu oluşturan lignin kullanılmaktadır. Yapışma direncini artırmak amacıyla bazen %1-2 oranında sentetik tutkalda katılabilmektedir. Lignin haricinde doğal tutkal olarak Nişasta, kuruyan yağlar, soya tutkalı, vinsol-çam reçinesi, tanen ve sülfik atık suyu kullanılabilir. Doğal fenol olan tanen, lif levha üretimi için uygun bir tutkal oluşturmak amacıyla formaldehit ile reaksiyona sokulmaktadır. Kuru yöntemle lif levha (MDF veya HDF) üretiminde ise liflerin tutkalanmasında lignin tek başına yeterli yapışma direncini sağlamamaktadır. Odunu liflendirirken elde edilen sülfik atık suyunun asitlendirme etkisi ile tutkalın nitelikleri artırılabilir (Ayrılmış N. 2000).

Son yıllarda maliyetlerindeki önemli ölçülerdeki artışlar fenolik tutkalların üretiminde, yenilenebilir hammadde kaynaklarının bulunması ve kullanımına yönelik araştırma ve geliştirme çabalarını artırmıştır. Özellikle zengin fenolik yapılara sahip tanen ve lignin gibi maddelerin yapıştırıcı olarak değerlendirilmesi çalışmalarına önem verilmesine neden olmuştur. Georgia Pacific Resins Inc. yenilenebilir bir hammadde olan lignin ile modifiye edilmiş fenolik tutkal kullanılarak üretilmiş bir kontrplak geliştirilmiş ve bu konuda patent almıştır. Üç yıllık ticari kullanım ve yapılan testler neticesinde ligninle modifiye edilen fenolik tutkalın normal fenolik tutkallar kadar hatta daha üstün özellikler gösterdiği görülmüştür. Ligninin kullanılmasıyla fenolden %15-30 oranında tasarruf sağlanabilmektedir (Boran S. 2010). Çolakoğlu G. (1993)'de yaptığı çalışmada, fenol formaldehit tutkalına uygulamada lignin katıldığında tutkal maliyetlerini düşürmesine rağmen presleme süresini artırdığı tespit etmiştir.

1.9 FORMALDEHİT EMİSYONU VE OLUŞUMU

Formaldehit (CH_2O); renksiz, keskin kokulu, zayıf asidik, suyla karışabilen, akışkan ve zehirli bir sıvıdır. Havada normal olarak 0,003 ppm'den daha az miktarda bulunmaktadır. Formaldehit; orman endüstrisi sektörü yanında boyalarda, kozmetik ürünlerinde, izolasyon malzemelerinde, tekstil ürünlerinde, deri ürünlerinde bulunmakta ve hatta çok küçük miktarda da insan vücudunda besinlerin yanması ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda otomobillerin egzoz dumanında, sigara dumanında, odun yanmasında, doğal gazın yanmasında da orta çıkmaktadır (Ayrılmış N. 2000).

Evlerde tipik formaldehit kaynakları üre formaldehit tutkalı ile üretilen levha ürünleridir. Bunlar içinde özellikle MDF ürünleri en fazla formaldehit yayan ürünlerdir. Yapılan deneylerde formaldehit ve uçucu organik bileşiklerin MDF'den yapılan büro mobilyalarından aylarca yayılabildiği belirlenmiştir. Mobilyalardan ortama formaldehit yayılımı, ortam sıcaklığı ve nemin artması ile artış göstermektedir (Boran S. 2010).

Yüksek sıcaklık ve yüksek rutubet içeriği ÜF tutkalları ile üretilmiş MDF ve yonga levhaların içinde bulunduğu odada kötü koku problemi meydana getirmektedir. ÜF tutkalı kullanılarak üretilen levha ürünlerinde formaldehitin açığa çıkması iki faktör nedeniyle olabilir. İlki reaksiyona girmemiş ve levha yapısında var olan serbest formaldehitten olup, ikincisi ise sıcaklık ve rutubet etkisiyle aminoplastik bağların hidrolizi sonucu oluşan formaldehitten ileri gelebilir. Formaldehitin açığa çıkış şekillerinden ilki olan yonga levha ve MDF'lerde formaldehit emisyonunu birçok faktör etkilemektedir. Bunlardan en önemlileri üre ile formaldehitin mol oranı, pres sıcaklığı, çevre sıcaklığı ve kullanım yerindeki rutubet içeriğidir (Boran S. 2010).

MDF' den ayrılan formaldehit miktarı, yapıştırıcıda kullanılan üre-formaldehit tutkalının Üre/Formaldehit (Ü/F) mol oranının bir fonksiyonudur. Ü/F mol oranının azalması özellikle 1,10'un altına düşmesi halinde levha daha fazla şişmekte ve yüzeye dik çekme direnci azalmaktadır. Bu azalmayı telafi etmek için daha fazla tutkal ve hidrofobik madde ya da üre-formaldehit tutkalını melamin veya fenol ile modifiye etmek gerekmektedir. Ü/F mol oranının düşük olduğu üre-formaldehit tutkallarında tutkal miktarının artması formaldehit emisyonunu daha fazla artırmaktadır (Ayrılmış N. 2000).

Yonga ve lif levha üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkallarının içinde tutkalın üretim aşamasında reaksiyona girmeden kalan formaldehit ile üretim aşamasındaki kondenzasyon reaksiyonu sırasında oluşan ve levha yapısından tamamen atılmayan bir miktar daha formaldehit kalmaktadır (Boran S. 2010). Odun esaslı levhalar TS EN 13986 Standardına göre E1 ve E2 olarak sınıflandırılmaktadır. E1'in ifade ettiği anlam direnç ve su ilişkileri bakımından en az uluslararası standard normlarını karşılayan, diğer taraftan da sağlık açısından özellikle kanser riski ve alerjik astım oluşumuna neden olma bakımından risk içermeyen yani insan sağlığını olumsuz etkilemeyen ürün anlamına gelmektedir

Levha taslağının sıcak presleme aşamasında gerek yarıda kalan kondenzasyon reaksiyonu gereği metilenol üre yapıları arasında ve gerekse de polimerleşen tutkal ile odunu oluşturan lif yüzeylerindeki karbonhidratların C₆'daki OH, halka oksijeni ve köprü oksijeni arasında bağlanma kurulacaktır. Bu yapılar arasında kurulan bağlar kondenzasyon reaksiyonunun gereği olarak ya sadece su ya da su ile formaldehit açığa çıkaracaktır. Burada ortaya çıkan formaldehit kondenzasyon reaksiyonunun sonucu olarak metilenol üre yapıları arasında -CH₂- şeklindeki bağlanmayla gerçekleşir. Bu oluşum pres sıcaklığı, pres basıncı ve ortam pH'ına bağlı olarak gerçekleşir. Oysa üretilen tutkalın mol oranına ve üretim sonrası uygulanan vakumun büyüklüğüne ve uygulama şekline bağlı olarak da tutkal içerisinde bir miktar formaldehit kalmaktadır (Boran S. 2010).

Sonuç olarak gerek tutkal üretim aşamasında levha içerisinde kalan formaldehit gerekse de preste devam ettirilen kondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşan formaldehit üretimden hemen sonra levhadan çevreye yayılan formaldehitin ana kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca, üretilen levhaların kullanım sırasında rutubete maruz kalmaları sonucu özellikle, selülozun C₆'daki OH grubuyla polimerleşen bağlanmalarda formaldehit bozulmaları söz konusu olacaktır. Rutubet ve sıcaklık formaldehit yayılımının en önemli tetikleyici iki unsurudur (Boran S. 2010).

1.10 FORMALDEHİT EMİSYONUNA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Formaldehit emisyonuna etki eden başlıca faktörler; odun türü, Ü/F mol oranı, sertleştiricilerin türü, pres koşulları, tutkal miktarı, depolama süresidir. Ayrıca, formaldehit emisyonunu azaltmak için formaldehit tutucuların kullanımı da önemlidir. Bunların yanısıra yonga levhalarda yoğunluğun da formaldehit emisyonuna etkisi vardır. Marutzky at. al. (1981) yaptıkları araştırmada yonga levhalarda yoğunluk arttıkça formaldehit emisyon direncinin de arttığını tespit etmişlerdir.

1.10.1 Ağaç Türü

Yapılan araştırmalarda aynı üretim şartlarında meşe yonga levhalardan ayrışan formaldehit miktarı, çam yonga levhalardan ayrışandan daha az bulunmuştur. Diğer taraftan ladinden yapılmış yonga levhalardan yonga levhalardan formaldehit ayrışması kayın'dan üretilmiş olanlarınkinden ve kayın kontrplaklardan ayrışan formaldehit miktarı da okume kontrplaklarınkinden yüksek bulunmuştur (Çolakoğlu G. 1993).

1.10.2 Reçinelerdeki Formaldehit Miktarının Etkisi

Yonga levha, lif levha ve kontrplaklarda bulunan formaldehitin asıl kaynağı, bağlayıcı olarak kullanılan ÜF reçinesidir. ÜF reçinelerinde Ü/F oranının odun levhalardan formaldehit ayrışması üzerine etkileri çeşitli araştırmalarda incelenmiş ve mol oranı ile formaldehit çıkışı arasında lineer bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Reçinedeki formaldehit oranının artması ayrışmanın artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte reçinedeki formaldehit miktarının belli değerlerin altında olması ise levhalarda çekme direncinin azalmasına ve kalınlığına şişmenin armasına sebep olmaktadır. Ü/F oranının düşürülmesiyle azalan tutkalın donma hızının amonyum tuzlarının katalitik etkisi ile dengelemek mümkündür (Çolakoğlu G. 1993). Formaldehiti düşürmenin en etkili yolu, serbest formaldehit miktarı düşük olan özel reçineler kullanılmalıdır. Bunun için Ü/F mol oranı düşük reçineler kullanılmalıdır. E1 MDF'ler için Ü/F=1,1 ve altı, E2 MDF'ler için Ü/F=1,2-1,3 civarında olmalıdır. Bu tip reçineler önceleri az reaktif oldukları için kapasite kaybına neden oluyordu. Son zamanlarda ÜF reçinesi kalitesinde yapılan iyileştirmelerle, pres zamanını uzatılması ve buna bağlı olarak meydana gelen kapasite kayıpları problemi ortadan kalkmıştır (Ayrılmış N. 2000).

1.10.3 Sertleştiricinin Etkisi

Özellikle yonga levha üretiminde preslemeden önce yonga rutubetinin azalması formaldehit ayrışmasını azaltması yanında, sertleştirici tipi ve hazırlanmasının da formaldehit ayrışması üzerine etkisi olmakta ve özellikle Amonyum klorür, diğer sertleştiricilere göre, formaldehit ayrışmasını azaltması bakımından olumlu etki göstermektedir (Çolakoğlu G. 1993).

1.10.4 Presleme Şartlarının Etkisi

Pres süresinin uzamasıyla genelde, levhalardan ayrılan formaldehit miktarı azalma göstermektedir. Özellikle yongaların preslenmesi sırasında ek bir yüksek frekansla ısıtma uygulanması üretilmiş yonga levhalardan formaldehit ayrışması potansiyeline azaltıcı etki yapmaktadır. Bununla beraber azalma miktarı presleme işlemi sırasında yonga levhanın ortasında ulaşılan sıcaklığa bağlıdır. Bu durum levha kalınlığı ve yoğunluğuna göre farklılık gösterir (Çolakoğlu G. 1993).

1.10.5 Tutkal Miktarının Etkisi

Genel olarak tutkal miktarının yükselmesiyle formaldehit ayrışmasının önemli oranda artmadığı tespit edilmiştir. Tutkal miktarının %50 civarında artmasıyla ayrışma miktarında %20 oranında bir artış olmaktadır. Levha üretiminde formaldehit oranı düşük olan ÜF tutkallarının kullanımı halinde tutkal miktarının etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Çolakoğlu G. 1993).

1.10.6 Formaldehit Tutucularının Etkisi

Formaldehit tutucular; melamin ve resorsin gibi formaldehit ile bağlanabilen maddeler olup bunlar, presleme sırasında ve sonrasında oluşan serbest formaldehit ile reaksiyona girer ve böylece formaldehit emisyonunu önemli ölçüde azaltırlar. Tutkallamadan önce veya sonra kaplama yüzeylerine formaldehit ile bağlanabilen basit kimyasal maddelerin püskürtülmesi şeklinde uygulanabilirler. Literatürde, formaldehit tutucularla ilgili pek çok patentten bahsedilmektedir (Boran S. 2010).

Formaldehit tutucu olarak sepi maddeleri ve türevleri, sodyum tiosülfat, sodyum sülfat, sodyum ditiyonit, elementer kükürt ve polivinil alkol gösterilebilir (Çolakoğlu G. 1993).

Levha üretimi sırasında ÜF tutkalına katılan formaldehit tutucular genelde yurt dışından getirilerek pazarlanmaktadır. Bu kimyasalların da kuru madde olarak ton fiyatı 550-750 dolar düzeyinde seyretmektedir. Diğer bir alternatif ise ÜF tutkalına belli oranda melamin ilavesi yapmaktır. Bugün için melamin ülkemizde üretilmemekte ve yurt dışından da 1100-1400 dolar/ton olarak satın alınmaktadır. Dolayısıyla bu alternatif yöntem de tutkal maliyetini artırıcı etkisinin yüksekliği nedeniyle kullanımı sınırlı kalmaktadır (Boran S. 2010).

1.10.7 Levhaların Depolanmasının Etkisi

Formaldehit oranı yüksek ÜF reçineleriyle üretilmiş yonga levhalardan depolama süresine bağlı olarak formaldehit ayrışmasındaki azalma miktarı, formaldehit mol oranı düşük Ü/F ile üretilmiş olanlara göre daha çok olmaktadır. Yonga levhanın depolanmasında çevredeki havanın formaldehit konsantrasyonu ile formaldehit emisyonu miktarının azalma hızı arasında ters orantı vardır. Buna göre havadaki formaldehit konsantrasyonu $0,26 \pm 0,8$ ppm olan ortamda 4 hafta depolamadan sonra formaldehit emisyon miktarı, formaldehit konsantrasyonu $1,4 \pm 0,1$ ppm olan ortamdakinden %50 daha az bulunmuştur. Endüstriyel uygulamalarda genel bir fikir olarak, formaldehit emisyonunu azaltması bakımından, presleme işleminden sonra levhaların yavaş soğutulmasının hızlı soğutmaya nazaran daha faydalı olduğu belirtilmektedir (Çolakoğlu G. 1993).

1.11 FORMALDEHİT MİKTARI VE EMİSYONU BELİRLEME YÖNTEMLERİ

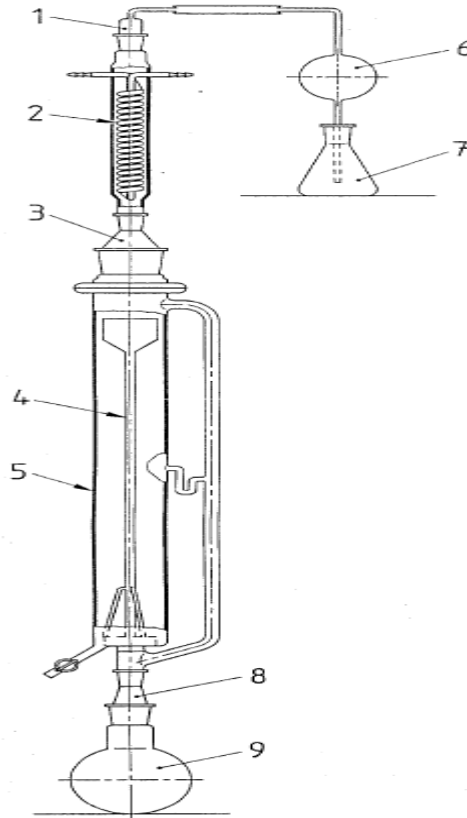
Preslenmiş odun levhalarının formaldehit emisyonu belirleme yöntemleri üzerine çalışmalar 1970'li yıllarda başlamış ve Amerika'da, Avrupa'da ve Japonya'da birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bazılarının levhaların içerisindeki formaldehit miktarının verirken, bazıları ise levhalarda açığa çıkan formaldehit emisyonlarını vermektedir. Bu yöntemlerden bazıları aşağıda verilmektedir.

1.11.1 Ekstraksiyon Metodu

Bu yöntem Perforatör metodu da denmektedir. Bu metot, kaplanmamış yonga levha, MDF, OSB ve lamine olmayan ahşap esaslı levhalardaki formaldehit muhtevasının

taini için uygulanmaktadır. Bu metodun esası, odun esaslı levhaların içerisinde bulunan formaldehiti, kaynayan tolüen yoluyla deney numunelerinden ekstrakte edilir ve sonra perfaratör düzeneği yardımı ile damıtık suya geçmesi sağlanır. Bu sulu çözeltinin formaldehit muhtevası, asetil aseton metodu ile spektrofotometre cihazında absorbans okunur ve standartta belirtilen formülizasyon işleminden sonra formaldehit miktarı mg/100g etüv kurusu levha olarak belirlenir (TS 4894 EN 120, 1999). Şekil 1.5' de perfaratör test düzeneği verilmektedir. Perfaratör yönteminde kullanılan tolüenin insana ve çevreye verdiği zararlar bilinmekle birlikte bu yöntem günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekstraksiyon metodu, levha içerisindeki formaldehit miktarını verdiği için uzun vade de formaldehit emisyonunun ile ilgili bilgi vermektedir (No Y. B. 2002).



1,3,8:Cam bağlantı, 2: Soğutucu, 4: Cam Filtre, 5: Perfaratör Bağlantısı, 6: Balon Tüp, 7: Erlen, 9: Cam Balon

Şekil 1.5. Perfaratör Test Düzeneği (TS 4894 EN 120, 1999).

1.11.2 Oda Metodu

Bu metot, yaşanan ortam ile aynı iklim şartlarına sahip bir iklimlendirme odasındaki denge durumu konsantrasyonuna dayanılarak ahşap esaslı levhalardan kaynaklanan formaldehit yayılmasının tayini için kullanılmaktadır. $0,225 \text{ m}^3$, 1 m^3 ve $\geq 12 \text{ m}^3$ olmak üzere üç seçenekli bir metottur. Oda metodu, ahşap esaslı levhalardan başka diğer ürünlerin formaldehit yayılmasının deneye tabi tutulmasında da kullanılabilir. Yüzey alanı bilinen deney numuneleri, sıcaklığı, nisbi nemi, hava akım hızı ve hava değişim oranı, tarif edilen şartlarda kontrol edilen oda içerisine yerleştirilir. Deney numunelerinden yayılan formaldehit, oda içerisindeki hava ile karışır. Odadaki hava günde iki kez olmak şartıyla periyodik olarak numune alınır. Formaldehit konsantrasyonu, içerisinde su bulunan gaz yıkama şişeleri yardımıyla odadan çekilen ve içerisindeki formaldehit soğrulan hava ile tayin edilir. Su içerisindeki formaldehit konsantrasyonu belirlenir. Oda atmosferindeki formaldehit konsantrasyonu, deney numunesi olarak alınan havanın hacminden ve gaz yıkama şişeleri içerisindeki suyun konsantrasyonundan hesap edilir. Yıkama şişelerinin içerisindeki sulu çözeltinin formaldehit muhtevası, asetil aseton metodu yardımı ile spektrofotometre cihazında absorbans belirlenir ve standartta belirtilen formülizasyon işleminden sonra formaldehit emisyonu mg/m^3 şeklinde hesap edilir. Numune alınmasına, odadaki formaldehit konsantrasyonu sabit duruma ulaşınca kadar düzenli olarak devam edilir (TS EN 717-1 2006). Büyük oda (hacmi $\geq 12 \text{ m}^3$ olan oda) metodu diğer oda metotları ve fabrika üretim kontrolünde kullanılan metotlar (TS EN 717-2 ,TS 4894 EN 120) için referans metot olarak kullanılır.

1.11.3 Gaz Analiz Metodu

Gaz analizi yöntemi, ahşap esaslı levhalardan hızlandırılmış formaldehit ayrışmasının tayini için kullanılan bir metottur. Yüzey alanı bilinen test örneği sıcaklık, rutubeti, hava akımı ve hava basıncı istenen değerlere ayarlanabilen ve kontrol edilebilen kapalı bir oda içerisine belirlenmiş olan bir yüzey üzerine yerleştirilir. Deney parçasından yayılan formaldehit, oda içerisindeki hava ile karıştırılır. Oda içerisindeki hava, içerisinde su bulunan ve yayılan formaldehiti absorbe eden gaz yıkama şişelerinin içerisinden geçirilerek emilir. Yıkama şişelerinin içerisindeki sulu çözeltinin formaldehit muhtevası, asetil aseton metodu yardımı ile spektrofotometre cihazında

absorbans tayin edilir ve standartta belirtilen formülizasyon işleminden sonra formaldehit emisyonu $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$ şeklinde belirlenir. Özellikle, 60°C gibi yüksek sıcaklık ve yüksek hava değişimi oranları ile bu yöntem oda yönteminden ayırt edilebilmektedir. Bu metot da kaplanmamış kontrplak, yonga levha ve MDF ile boyanmış ve kaplanmış yonga levha, MDF, OSB ve kontrplak levhaları için emisyonu belirlenir (TS EN 717-2, 1999).

1.11.4 Şişe Metodu

Bu metod, kaplanmamış ahşap esaslı levhalardan formaldehit ayrışmasının tayini için kullanılan bir metottur. Formaldehit ayrışması, Şekil 1.6' da gösterildiği gibi kütlesi bilinen bir deney parçasının, içerisinde su bulunan kapalı bir kaptta ve sabit bir ısıda, su üzerinde asılı halde tutulması yoluyla tayin edilir. Belirlenen bir zaman periyodu boyunca, deney parçasından ayrılan formaldehit su tarafından absorbe edilir. Su içerisindeki formaldehit muhtevası, asetil aseton metodu yardımı ile spektrofotometre cihazında absorbans belirlenir ve standartta belirtilen formülizasyon işleminden sonra sonuçlar, kuru levhanın her kilogramındaki formaldehit miktarının miligram(mg/kg) olarak ifadesi şeklinde gösterilir (TS EN 717-3, 1999).



Şekil 1.6. Şişe Metodu Test Aparatları (TS EN 717-3, 1999)

1.11.5 Desikatör Metodu

2 ve 24 saat desikatör yönteminde, 10.5 litre hacimli cam bir desikatör kullanılmaktadır. Deney için 300 ml saf su bulunan 12cm x 6cm boyutlarında kristal bir kap içeren 9 litre kapasiteli cam desikatöre kenarlarda olacak şekilde 150mmx50mm boyutlarında 9 adet

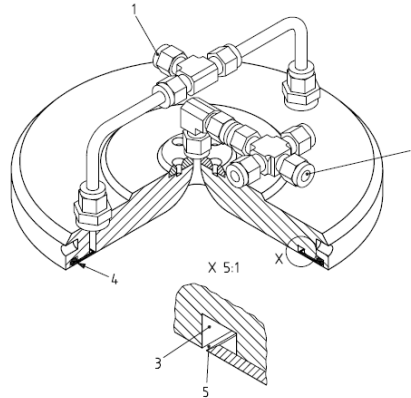
örnek Şekil 1.7' de gösterildiği gibi yerleştirilmektedir. Desikatörün ağzı kapatıldıktan sonra örnekler $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ de 2 ila 24 saat süre boyunca bekletilmektedir. Sürenin sonunda desikatör içerisindeki kap alınarak formaldehit içeriği $\mu\text{g/ml}$ olarak analiz edilmektedir (JIS A 1460, 2001).



Şekil 1.7. Desikatör Test Aparatı (JIS A 1460, 2001).

1.11.6 Hücre Metodu

Bu metod, prensip olarak alana özgü olarak yüzeyden yayılan uçucu organik bileşiklerin emisyonunu ölçmek için kullanılmaktadır. Test sabit sıcaklık, bağıl nem ve alana özgü hava debisi ile Şekil 1.8'de verilen emisyon hücresi yardımıyla yapılmaktadır. Hücre çıkışında uçucu organik bileşiklerin (UOB) konsantrasyon ölçümleri yapılmaktadır. UOB 'lerin emisyonu belirli bir zaman aralığında açığa çıkan konsantrasyonla hesaplanmaktadır (ISO 16000-10, 2006).



1:havagirişi, 2:havaçıkışı, 3:kanal, 4:sızdırmazlık malzemesi, 5:yarık

Şekil 1.8. Hücre metodu test Cihazı (ISO 16000-10, 2006).

1.12 FORMALDEHİTİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Kapalı ortam kirleticilerinden formaldehit, sağlığa etkileri ve ortamında kirletici olarak yaygın olarak rastlanmaları nedeniyle önemlidir. ÜF kapalı ortam kirleticilerinden en basit olanı ve en sık saptananıdır. Evlerde yapılan araştırmalarda yüksek miktarlarda saptanabilmektedir. Aksakal F.N. ve diğ. (2005)'de Ankara'da yaptıkları araştırmada, kentsel ve kırsal alanlardaki evlerde yapılmış olan bir çalışmada evlerde oturma odası ve mutfaklarda formaldehit düzeylerinin izin verilenden yüksek düzeyde olduğu ve ev sakinlerinde göz yaşarması, burun akması, boğaz kuruluğu, gibi sağlık sorunları görülmesi ile formaldehit düzeylerinin istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek olduğu saptamışlardır.

Formaldehit gerek iç mekânlarda gerekse de dış hava ortamında düşük konsantrasyonlarda genellikle de 0.06 ppm'den daha az olacak şekilde bulunur. Havadaki konsantrasyonu 0.1 ppm'e ulaştığında şiddetli sağlık sorunu oluşturmaya başlar. Özellikle, gözlerde sulanma, göz, burun ve boğazda yanma hissi, bulantı, öksürme, nefes darlığı, hırıltı ve deride kızarıklık oluşur. Yüksek konsantrasyon astımlı insanlarda atakları sıklaştırabilir. Ayrıca, bazı insanların formaldehite hassasiyet gelişimi gösterdiği gözlenmiştir (Boran S. 2010). Özellikle kronik etkilerin varlığında farenjit, larenjit, bronşit ve öksürüğe neden olabilmektedir. Aynı zamanda kontakt dermatite, polen ve diğer alerjenlere bağlı alerjik rahatsızlıkların ortaya çıkmasına ya da hastalık seyirlerinin ağırlaşmasına neden olabilmektedir. Formaldehitin neden olduğu klinik belirtiler kişisel duyarlılıkla da ilişkilidir. Formaldehitin astımın oluşumunda rol alabildiği ve astımlılarda gece ortaya çıkan solunum güçlükleri ile ilişkili bulunduğu bildirilmektedir (Aksakal F.N. ve diğ. 2005)

Formaldehitin insan sağlığına olumsuz etkileri nedeniyle, bazı ülkelerde 1980 yılından itibaren ayrışan formaldehit miktarlarını sınırlayıcı idari tedbirler alınmıştır. Formaldehitin yüksek konsantrasyonlarda merkezi sinir sistemi üzerine uyuşturucu ve solunum sistemini tahriş edici etkisi bulunmaktadır. Uzun zincirli aldehidlerde uyuşturucu etkisinin ağırlıkta olmasına rağmen, kısa zincirlerde tahriş edici etki ağır basmaktadır. Formaldehitin tahriş edici etkisi daha çok üst solunum yollarında görülmektedir (Kurtoğlu A. ve Uçar G. 1986).

Laboratuvar hayvanları uzun süre formaldehite maruz bakıldığında kansere yakalandıkları gözlenmiş ve bu nedenle de Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından formaldehit kanser yapma riski bulunan maddeler sınıfına dâhil edilmiştir. Bu risk formaldehite maruz kalma süresine ve miktarına bağlı olarak değişmektedir. MDF gibi odun esaslı levhalarının ve tekstil ürünlerinden açığa çıkan formaldehitin oranı değişebilmektedir. Formaldehit emisyonu ürün eskidikçe azalmaktadır. Ürünler yeni iken yüksek olup, iç ortam sıcaklıkları ve rutubeti bu ürünlerden formaldehitin açığa çıkan miktarını artırmaktadır (Boran S. 2010). Formaldehite karşı aynı ortamda bir süre sonra tolerans gelişebilir ancak 1-2 saat ortamdan uzaklaştıktan sonra yeniden maruz kalındığında karakteristik koku ve etkileri yeniden hissedilir. Kapalı ortam konsantrasyonları, evin ısısı, nem ve havalandırılmasına bağlı olarak değişmektedir. Formaldehit seviyeleri sıcaklığın ve nemin değişikliğinden dolayı mevsimden mevsime, günden güne ve gündüzden geceye değişiklik göstermektedir (Vaizoğlu S.A. 2001).

Formaldehit, Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu (IARC) tarafından kanserojen özelliği açısından Grup 2A olarak sınıflandırılmıştır. Yakın zamanda yapılan çalışmalarda formaldehitin özellikle burun ve üst solunum yolu kanserlerine neden olabileceği, ayrıca ultraviyoleye bağlı deri kanserlerinin gelişimine neden olduğu bildirilmektedir. Çocuklar zamanlarının çoğunu evde ya da diğer kapalı ortamlarda geçirdiklerinden önemli bir risk grubudur ve kapalı ortamlarda mobilya ve dekorasyon malzemelerinden yayılan formaldehit etkileşimi açısından da risk altındadırlar. Okullarda yapılan bir çalışmada da açık raflar ve dokuma ürünlerinin fazla olduğu sınıflarda formaldehit düzeyinin yüksek olduğu saptanmıştır (Aksakal F.N. ve diğ. 2005). Bu nedenlerden dolayı son yıllarda, Avrupa'da ve diğer gelişmiş ülkelerde var olan odun ürünlerinden açığa çıkan formaldehit emisyonunu azaltmak veya elimine etmek için düzenleyici baskılar ülkemizde de söz konusu olmaya başlamıştır. Formaldehit ile ilgili yasal düzenlemelerin artışına ve de zehirlilik etkisine bağlı olarak endüstriyel iş yerlerinde ve özellikle ahşap levha ve mobilya üreticilerin de formaldehit'in emisyonunu azaltmak için ciddi önlemler alınması ve çalışmalar yapılması yoluna gidilmiştir.

Formaldehit, yaygın kullanımının insan sağlığına önemli zararlar içerdiği bilinmektedir. Formaldehit üretiminin yapıldığı ya da kullanıldığı endüstriyel alanlardaki meslek grupları, formaldehite ve dolayısıyla onunun olumsuz etkilerine işlerinden dolayı aşırı

maruz kalan kişiler üzerinde yaptığı araştırmalarda, beyin kanseri, kan kanseri ve kolon kanserinden ölenlerin sayısında normal popölasyona göre bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, günlük hayatta formaldehit içeren ürünlerin ev ve iş yerlerinde kullanılması (duvar boyası, mobilyalar, yer döşemeleri, cila kaplamalar, tekstil ürünleri, deodorantlar, temizlik ürünleri v.b.) ve çevresel etkenlerle maruziyet (fuel-oil ve odunun yanması ile, egzoz gazı ve sigara dumanı gibi) etkilenmeyi daha da artırmakta ve formaldehit emisyonunu tetikleyici etki etmektedir. Yapılan deneysel araştırmalarla kansorejenik olduğu vurgulanan formaldehitin, solunum sistemi, sinir sistemi ve sindirim sistemi gibi bir çok sistem üzerinde de zararlı etkiler gösterdiği ortaya konmuştur (Ünsaldı E. ve Çiftçi M.K. 2010).

Formaldehitin zararlı etkilerine solunum ya da direkt temas yoluyla maruz kalınması durumunda akut sağlığına etkileri Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Formaldehit’in insan sağlığına etkileri (Alyüz B. ve Veli S. 2006).

Formaldehit konsantrasyonu ($\mu\text{g m}^3$)	Sağlık etkileri
<67	Belirsiz
67-1337	Koku eşik limiti
67-2000	Nöropsikolojik etkiler
13-2674	Göz tahrişi
134-33425	Üst solunum yolları tahrişi
6685-40110	Alt solunum yolları tahrişi ve akciğerler üzerine etkisi
66850-133700	Akciğerlerde ödem, iltihaplanma, zatürre
>137000	Koma ve ölüm

Yapılan araştırmalarda iç ortam havasında bulunan yüksek derecede formaldehit buharına maruziyet ile kanser arasında belirgin bir korelasyon olduğu belirtilmektedir. (Alyüz B. ve Veli S. 2006).

Formaldehit vücuttaki pek çok doku ve organ üzerinde zararlı hatta zehir etkisine sahip olmakla beraber, melatonin ve omega-3 yağ asitleri formaldehitin zararlı etkilerine karşı koruyucu ve sağaltıcı rol üstlenmektedir. Makroskopik incelemelerin yapıldığı alan formaldehit buharını ortamdaki hemen uzaklaştıracak şekilde havalandırma sistemi ile

donatılmalıdır. Laboratuvarında çalışan personelin yeterince maskeler ile önlem almalı ve personel arasında uygun dönüşümler sağlanarak formaldehit ile temas süreleri mümkün olduğunca düşürülmelidir. Bütün bu zararlı etkilerine karşın formaldehit ucuz ve iyi bir tesbit solüsyonu olması nedeni ile hala tüm dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Ünsaldı E. ve Çiftçi M.K. 2010).

1.13 GÜNÜMÜZDE FORMALDEHİT SINIRLAMALARI

Odun esaslı ürünlerinden açığa çıkan kabul edilebilir formaldehit seviyesi son yıllarda devamlı olarak azalmaktadır. Artan kamu bilinci, hükümet düzenlemelerinin yanı sıra zehirli olmayan ürün takibinde bulunan tüketiciler ve uluslararası mobilya üreticilerin düşük formaldehit emisyon değerleri istemesi ile bu durum son on yılda daha da hızlanmıştır. Formaldehit en son yeniden bir sınıflandırma ile IARC tarafından insan için kanserojen bir madde olarak tanımlanmış olup bu anda üretim yapan endüstrinin kendisinde düzenlemesiyle, çevre örgütü (Green Organization), tüketici dernekleri ve işçilerin kaygılarıyla daha da önemli olmaya başlamıştır (Boran S. 2010).

Odun esaslı panellerinden açığa çıkan formaldehitin yayılması esasen bu panellerin üretiminde bağlayıcı tutkal olarak üre formaldehit tutkalı kullanımı ile ilgilidir. Bu tutkalın yüksek derecede reaksiyona yatkın olması, fiyatının düşük olması, kolay temin edilebilir olması en çok tercih nedenlerindedir. Bunların yanısıra reaksiyona girmemiş serbest formaldehit varlığı ve hidrolize karşı direncinin düşük olması gibi özellikleri ile de formaldehit emisyonuna neden olmaktadır. Düşük seviyede (melamin-üre--formaldehit tutkalları, MÜF) veya yüksek seviyede (melamin-üre-formaldehit tutkalları, MÜF) melamin kullanımı ile üretilen tutkal kopolimerleri hidrolitik stabiliteyi iyileştirmektedir, fakat çok düşük formaldehit emisyon değerleri açısından kesin olmayan bir durum içermektedir (URL-3 2013).

Üre formaldehit tutkalları geleneksel olarak odun esaslı panellerin (yonga levha, lif levha, kontrplak) ve diğer benzer ürünlerin üretiminde yaygın olarak yıllardır kullanılmaktadır. Kompozit odun ürünlerinden formaldehit emisyonu ve kapalı alan hava kalitesi ilk olarak 1970'lerde enerji krizine bağlı olarak, evlerin sızdırmayan kaplama yoluyla ısı muhafazasına teşvik edilmesi sonucu halkın büyük bir kesiminin dikkatini çekmeye ve endişelendirmeye başlamıştır. Bu, dışarıdaki hava infiltrasyon

oranını ve evdeki hava atmosferinin içindeki hava kirleticilerinin hapsedilmesine yol açan toplam havalandırma oranını azaltmaktadır. Avrupa, Kuzey Amerika ve Japonya bilim adamları panelden açığa çıkan formaldehit emisyonunu ölçmek için bu yıllardan itibaren test metotları geliştirmeye başlamışlardır (URL-3 2013).

2004 yılına kadar, formaldehit Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) tarafından insanlar için muhtemel kanserojen madde grubu içerisinde yer almaktadır (Grup 2A). Ancak 2004 yılında Dünya Sağlık Organizasyonuna bağlı Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) mevcut bilimsel veriler temelinde formaldehitin yeniden sınıflandırılmasını hatta 'Grup 1, İnsanlar için kanserojen sınıfına' dahil edilmesini önermiştir. Bu öneri, yasal olarak bağlayıcı olmasa da, işçi ve tüketici dernekleri, çevre örgütü (Green Organisation), düzenleyici yetkilileri, endüstri (formaldehit kullanıcı ve üreticileri) işletmeleri tarafından endişeye neden olsa da hemen kabul edilmiştir. İş yerlerindeki emisyon seviyeleri, son yıllarda yapılan çalışmalar ve teknolojik ilerlemeler neticesinde hızlı bir şekilde gerilemiştir (URL-3 2013).

2005 yılında yeni toksikoloji ve kanser çalışmaları, Avrupa ve Amerika'da çeşitli bağımsız araştırma merkezlerinin bağlı olduğu Formaldehit Konseyi ve FormaCare tarafından başlatılmıştır. Bu arada, Fransa Meslek Risk Önleme Enstitüsü (INRS) ve Alman Federal Risk Değerlendirme Enstitüsü (BfR) tarafından Avrupa'daki formaldehitin yeniden sınıflandırılması için öneriler yapılmıştır. Bununla birlikte, Avrupa Kimyasal Bürosu (ECB) yeni çalışmaların sonuçları elde edilinceye kadar formaldehitin yeniden sınıflandırılmaya tabi tutulmasını ertelemiştir. Ayrıca, Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) da Ulusal Kanser Enstitüsünün iş takibi çalışması tamamlanıncaya kadar formaldehitin yeniden sınıflandırılmasını geciktirmiştir (URL-3 2013).

Formaldehite en çok maruz kalan mesleklerin başında vernikleme, cilalama, tekstil, hazır giyim, kürk üretim fabrikalarında ve levha üretiminde çalışanlar gelmektedir. En az maruz kalınan seviye formaldehit üretiminde ortalama konsantrasyon <1 ppm olmaktadır. Maruz kalınan geniş aralık seviyesi tutkal üretiminde gözlenmektedir. Odun ürünleri üretiminde, tutkal karışımı hazırlama, levha taslağının serilmesi, sıcak pres ve zımparalama sırasında meydana gelen formaldehit salınımı ile ilgili bütün veriler 1960, 1970, 1980'den alınarak derlenmiştir. Havadaki rapor edilen ortalama konsantrasyon,

yonga levha fabrikalarındaki 1 ppm'den, kontrplakta ise yaklaşık 2 ppm'den daha fazladır. Bununla birlikte, son zamanlarda yapılan çalışmalarda konsantrasyonun kontrplakta 0,4 ppm'den ve OSB (yönlendirilmiş yonga levha) ve lif levha fabrikalarında da 0.16 ppm'den daha az olduğu belirtilmiştir (URL-3 2013).

Ekim 2007'de, Avrupa Birliği ülkelerinin ekonomilerine formaldehit endüstrisinin katkısı Formaldehitin Sosyo Ekonomik Yararları üzerine FarmaCare (Avrupa Formaldehit Endüstri Merkezi, CEFIC Sektör Grubu, Avrupa Kimyasal Endüstri Kurulu) tarafından yapılan bir çalışma ile ortaya konulmuştur. Çalışmada, formaldehit esaslı ürünler yerine kimyasallarla yer değiştirirse tüketiciler yılda 29.4 milyar euro ilave harcama yapmak zorunda kalacakları ve bu alternatif ürünler ikinci derecede kaliteye sahip olup sık sık en son ürünler için sunulmuş tüketici tercihinin yol açan formaldehit esaslı ürünlerden daha yüksek bir fiyata sahip olacağı belirtilmiştir. EU'da formaldehitin sınıflandırılması kimyasallarda ve kimyasalların güvenli kullanımında yeni REACH düzenlemesi adı altında görülmektedir. Amerika'da Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından yapılan sınıflandırma formaldehitin insanda muhtemel bir kanserojen etkiye neden olduğunu belirtmektedir (URL-3 2013).

Uzun zamandan beri formaldehit emisyonu iç hava kalitesini etkilediği bilinmektedir. Bu emisyon miktarını azaltmak için hem hükümetlerin hem de sanayinin bu yönde çabaları vardır. Alınan önlemlerin başında formaldehit için mesleki ve konut limit değerleri ortaya konmuştur. Çizelge 1.2'de bazı ülkelerde formaldehitin mesleki maruz kalma sınırları verilmektedir. Yüksek limitleri olan ülkelerde Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansının (IARC) önerileri olmuştur buda bu ülkelerde tartışmaları beraberinde getirmiştir (URL-3 2013).

Çizelge 1.2. Formaldehitin çalışma alanlarındaki sınır değerleri (URL-3 2013)

Ülke	Konsantrasyon(ppm)	Tip
Almanya	0,3	A
Amerika	0,3	C
Avusturya	0,3	A
Avustralya	0,3	A
Belçika	0,3	C
Brezilya	1,6	C
Danimarka	0,3	A-B
Finlandiya	0,3	A
Fransa	0,5	A
Hollanda	1,0	A
İngiltere	2	A
İrlanda	2	A
İtalya	0,3	C
İspanya	0,3	B
İsveç	0,5	A
İsviçre	0,3	A
Japonya	0,5	A
Malezya	0,3	C
Norveç	0,5	A
Yeni Zelanda	1,0	C
Yunanistan	2	A

A: 8 saat ortalama zaman aralığı maruz kalma sınırı, B: Kısa süreli maruz kalma sınırı, C: max. Maruz kalma sınırı

Çizelge 1.3’ de bazı ülkelerdeki yaşam alanlarındaki formaldehit sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.3. Yaşam alanlarındaki formaldehit sınır değerleri (URL-3 2013).

Ülke	Konsantrasyon(ppm)
Almanya	0,10
Amerika	0,10
Avusturya	0,10
Avustralya	0,10
Danimarka	0,12
Finlandiya	0,12
İsviçre	0,10
İsveç	0,20
Türkiye ¹	0,05
Türkiye ²	0,06

Türkiye¹:2003 yılında Ankara’da 399 mutfakta yapılan araştırma, Türkiye²: 2006 yılında Ankara’da 25 konutta yapılan araştırma (Salhammer T. A.at. al. 2010).

Almanya, endüstriyel alanda formaldehit emisyonunun azaltılması için öncülük etmiştir. 1980 yılında ahşap ürünler için dünyada ilk formaldehit ile ilgili düzenleme (ETB-Richtlinie) Almanya’da yayımlanmıştır. Bu kılavuzda formaldehit emisyon sınıfları E1, E2 ve E3 perforatör metoduna göre belirtilmiştir. 1989 yılına kadar daha sıkı bir E1 düzenlemesi olmamıştır (URL-3 2013). Bu E1 seviyesi diğer birçok Avrupa ülkesinde de kabul görmüştür. Günümüzde Avrupa odun esaslı paneller için formaldehit emisyon sınırları uyumlaştırılmış standard olan EN 13986’da (Yapılarda kullanılan Ahşap Esaslı Levhalar - Karakteristikler, Uygunluğun Değerlendirilmesi ve İşaretleme) belirtilmiştir ve be değerler Çizelge 1.4’ de verilmiştir.

Çizelge 1.4. Odun Esaslı Levhaların Formaldehit Sınıfları ve Standard Değerleri
(TS EN 13986, 2007).

Formaldehit Sınıfı	Formaldehit konsantrasyonu (ppm)	Perforatör değeri (mg/100g kuru levha) TS 4894 EN 120	Gaz Analiz Değeri (mg/m ² h) TS EN 717-2	Oda Metodu Değeri (mg/m ³) TS EN 717-2
E1	≤0,1	≤8	≤3,5	≤0,124
E2	0,1-1,0	8-20 Yonga levha 8-30 MDF	3,5-8	0,124≤

Çizelge 1.5’ de Avrupa, Avustralya, Amerika ve Japonya standartlarına göre formaldehit emisyonu bakımından odun esaslı panellerin sınıflandırılması verilmektedir.

Avrupa Panel Federasyonu (EPF) üyeleri sadece E1 tipi levha üretimini kabul etmişlerdir. Aynı zamanda, üyeler devam eden üretim denetlemeleri için E1 sınıfı değerini esas almışlardır. Ama Avrupa’da hale yeni bir emisyon sınıfı tartışmaları mevcuttur. Avrupa’da çevre dostu ürün ve hizmetleri sertifikalandıran Mavi Melek (Blue Angel) kuruluşu ahşap esaslı panellerde 0,1 ppm olan emisyon üst sınırını 0,05 ppm’ çekmek için uğraşmaktadır (URL-3 2013).

2008 yılında EPF sınırları belirterek, EPF-S adlı kendi standardını oluşturmaya karar vermiştir. Buna göre EN 120’ ye göre kontrplaklar için sınır değer 4 mg/100g ve 8mm’den daha kalın MDF’ler için de 5 mg/100g olarak belirlemişlerdir. Avrupa’nın önde gelen mobilya üreticilerinden olan IKEA’da bu değerleri E1 formaldehit sınıfı olarak tanıyacağını belirtmiştir (URL-3 2013).

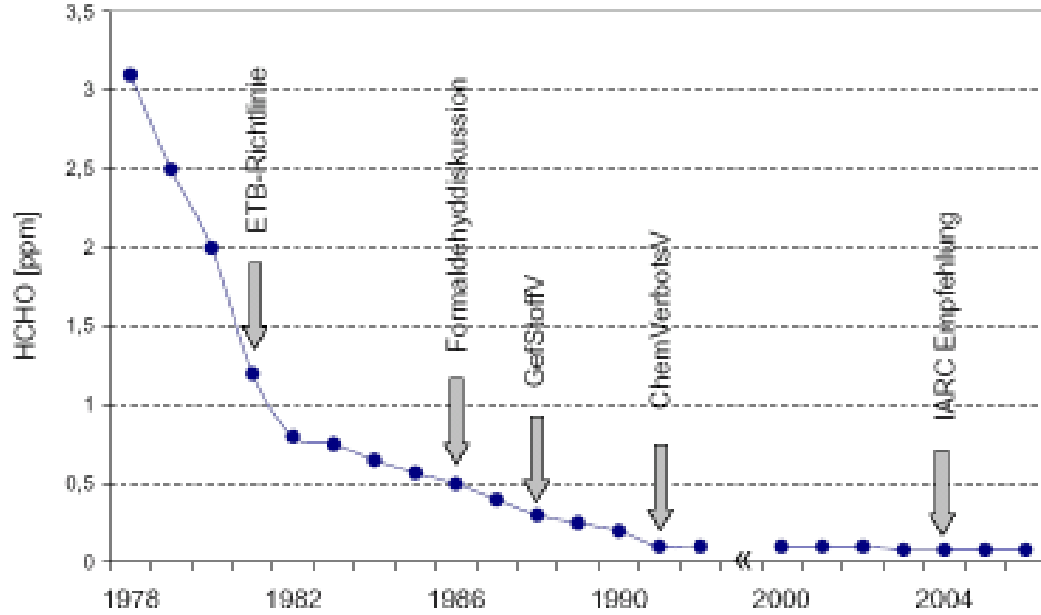
Çizelge 1.5. Avrupa, Avustralya, Amerika ve Japonya'daki odun esaslı levhalar için formaldehit emisyon standartları (URL-3 2013).

Ülke	Standard	Test Metod	Levha Sınıfı	Limit Değer
Avrupa	EN 13986	EN 717-1	E1-Yonga Levha, MDF, OSB	≤0,1ppm
		EN 120		≤8mg/100g
		EN 717-1	E1-Kontrplak	≤0,1ppm
		EN 717-2		≤3,5mg/m ² h
		EN 717-1	E2- MDF, OSB	>0,1ppm
		EN 120		8< -≤30mg/100g
		EN 717-1	E2- Yonga Levha	>0,1ppm
		EN 120		8< -≤20mg/100g
		EN 717-1	E-2 Kontrplak	>0,1ppm
		EN 717-2		3,5< - ≤ 8,0 mg/m ² h
Avustralya- Yeni Zelanda	AS/NZS 1859-1 ve 2	AS/NZS 4266.16 (Desikatör)	E0-Kontrplak, MDF	≤0,5 mg/L
			E1-Kontrplak	≤1,5 mg/L
			E1-MDF	≤1 mg/L
			E2-Kontrplak, MDF	≤405 mg/L
Amerika	ANSI A208.1 ve 2	ASTM E1333 (Büyük Oda)	Kontrplak	≤0,18 yada 0,09ppm
			MDF	≤0,21 yada 0,11 ppm
Japonya	JIS A 5908 ve 5905	JIS A 1460 (Desikatör)	F**	≤1,5 mg/L
			F***/E0	≤0,5 mg/L
			F****/SE0	≤0,3 mg/L

Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu (CARB) kendi yönetmeliğini revize ederek yonga levha, MDF ve kontrplaklarda formaldehit emisyon değerlerini düşürmüştür. Buna göre CARB'ın faz 2 sınırları kontrplak için 0,05 ppm, yonga levhalar için 0,09 ppm ve MDF'ler içinde 0,11 ppm olarak belirlemiştir (URL-3 2013).

Çizelge 1.6' da formaldehitin 1978 yılından 2006 yılına kadar geçen süredeki azalmasını göstermektedir.

Çizelge 1.6. Formaldehit emisyonu ile ilgili düzenlemeler ve azalma miktarları
(URL-3 2013).



ETB-Richtlinie: Almaya'nın ilk formaldehit düzenlemesi. Formaldehyddiskussion: formaldehit tartışmaları, GefStoffV: Alman tehlikeli madde düzenleme kurumu, ChemVerbStV: Alman kimyasal madde yasaklama kurumu, IARC Empfehlung: Uluslararası kanser araştırma ajansı tavsiyesi.

Formaldehit emisyonundan kaynaklanan sorunların çözümü üzerine birçok çalışma yapılmış ve çözüm alternatifleri olarak;

-Yeni tutkal formülasyonlarının geliştirilmesi, aminoplastik reçinelerin düşük mol oranlı F/Ü ya da F/(NH₂)₂ kullanılması.

-Kaplama ve laminat uygulamaları.

-Alternatif tutkallama sistemlerinin (PF, PMDI) uygulamaya alınması,

-Biokütle ürünleri veya yan ürün esaslı tutkalların (örneğin soya, tanen, lignin) kullanımının yaygınlaştırılması bunlar arasında sayılabilir (URL-3 2013).

Bunlara ilave olarak;

-Üretim parametrelerinin optimizasyonunu sağlamak (ağaç türü, rutubet, pres şartları v.b.)

-Formaldehit tutucularının kullanılması

-Ahşap esaslı levhaların üretimden sonra depolanması gibi faktörler formaldehit emisyonunu azaltmak için kullanılan önemli etkenlerdir (URL-4 2014).

1.14 FORMALDEHİT AZALTMA YOLLARI

Üre/ formaldehit mol oranı çok düşük düzeye kadar azaltılmalıdır. Bu, önceden üretilmiş ÜF tutkalına ilave üre katmakla kolayca başarılabilir. Bu uygulamada üre ile ÜF'in belli bir süre ile reaksiyonu sağlanır. Bu metotla tutkal çok kolay olarak hazırlanmasına rağmen metot için birçok sınırlamalar mevcuttur. Bu tür tutkallarda ürenin son ilavesi, oransal olarak oldukça büyüktür. Böylece monomerik türler, reaksiyona girmemiş üre ve monometilol ve dimetilol üre oldukça yüksek oranda olmaktadır. Böyle durumlarda Ü/F mol oranı düşmekte ve çok düşük seviyelerde formaldehit emisyonu sağlamaktadır (Boran S. 2008).

Serbest formaldehiti azaltmak için diğer bir yol; ÜF tutkalı hazırlamanın sonunda ikinci veya üçüncü ilave olarak üre veya melamin ilave etmektir. Bu durumda, melaminin küçük miktarlarda dahi ilavesi levhadan formaldehit emisyonunun dikkate değer şekilde azaltmayı sağlayacaktır. Suyu melaminin dayanıklılığı metilen melamin bağlarında yakalanan serbest formaldehit fazlalığının kolayca hidrolizlenmemesini sağlamaktır. Böyle bir yaklaşımın ana kusuru maliyetinin yüksek olmasıdır. Serbest formaldehiti azaltmanın diğer bir yöntemi ise; tek başına E1 tipi levha üretme kapasitesi olmayan bir ÜF tutkalı hazırlamaktır. Fakat bu tutkal ilave kimyasallarla karıştırıldığında kolayca E1 performansı gösterir. Bu amaçla, hızlandırıcılar, ½ veya daha yüksek üre/formaldehitin düşük kondenzasyonlu ön polimerlerinin oluşturduğu basit üre formaldehit karışımları ve absorplayıcı, 1/0.4-1/0.5 mol oranındaki üre/formaldehitin düşük kondenzasyonlu ön polimerlerini veya basit üre formaldehit karışımlarını kullanmaktır. Daha sonra, levhanın direnç ve emisyon özelliklerini belirleyen tutkal karışımlarında E1 olmayan ÜF tutkallarının, hızlandırıcı ve absorplayıcının dengesi oluşturulur. Böyle bir sistemin bir avantajı esnek olması ve üç bileşenin temel üretimi değiştirilmeksizin farklı koşullara uygulanmasıdır. Bu değişikliklerin hepsi tutkal karışımındaki bileşenlerin oranıdır. Böylece, daha yüksek direnç gerekli ise daha yüksek bir hızlandırıcı oranı kullanılır. Eğer, düşük emisyon gerekli ise daha yüksek bir absorplayıcı oranı kullanılır. Hızlandırıcı ve absorplayıcının oranı genel olarak ÜF tutkalının katı maddesinin %10-30'u kadardır. Düşük formaldehit emisyonlu bir ÜF tutkalı hazırlamanın iyi bir metodu

da, tutkal hazırlaması süresince ürenin ilave sayısını artırmaktır. Böylece, üçüncü üre ilaveli bir tutkal, ikinci defa üre ilave edilerek hazırlanan tutkaldan daha iyi bir direnç ve daha düşük bir emisyon verir. Dört üre ilavesiyle hazırlanan tutkal üç üre ilavesi ile hazırlanan tutkaldan daha iyidir. Daha önce ifade edildiği gibi tutkal karışımı içinde hızlandırıcılar ve absorplayıcıların kullanımı bu tip tutkallara uygulanabilir (Boran S. 2010).

Formaldehit emisyonunun azaltılmasındaki yaklaşımlardan biri de sentezlenmiş reçinenin Ü/F mol oranının daha düşük tutulmasıdır. Bununla birlikte, daha düşük Ü/F mol oranı levhanın formaldehit emisyonunu azaltırken mekanik özelliklerinde standartların belirttiği değerde düşme görülmektedir (Boran S. 2008).

Çapraz bağlanma ve kohezyon elde etmek için kısmen metilenollenmiş polimerik ÜF ürünleri ve bir kısımda metilenollenmiş ÜF ürünlerine ihtiyaç duyulmaktadır ve böylece levhanın direnci standarda uygun bir düzeye ulaşır. Bu iki tutkal arasındaki farklılık E1 tutkalının hazırlanmasında yatmaktadır. Formaldehit emisyonu E1 olan tutkal direkt olarak üretilir ya da tutkallar kombine edilir veya üre formaldehit karışımları ilave edilir. Laboratuvar düzeyinde mol oranları 1:0.7 olan ÜF tutkalları direnç ve düşük emisyon oranında bir denge sağlanarak üretilmesine rağmen endüstriyel ölçekte bu oran 1:0.9-1:1 mol oranındaki Ü/F tutkalları ve kısmen 1:0.96 civarında tutkal karışımının etkin mol oranı en iyi sonucu vermektedir (Boran S. 2010).

İçeriğinde formaldehit bulunan tutkallarla üretilmiş olan ürünlerin son kullanım yerinde alınacak tedbirler de formaldehit emisyonunu azaltmak için alınacak diğer bir önlemdir. Burada da en etkili yöntem, bu tutkallarla üretilmiş ürünlerin kullanım yerlerinde uygun havalandırma sağlanmasıdır. Böylece, ortamdaki formaldehit konsantrasyonu etkili şekilde zararlı seviyenin altına indirilmesi sağlanabilmektedir. (Şahin H.T. ve diğ. 2011). Ayrıca, diğer dikkat edilmesi gereken husus, ortam sıcaklığı ve nemin artışı engellemektir (Aksakal F.N. ve diğ. 2005). Bundan dolayı kapalı ortamlarda iç hava kalitesi için hava sirkülasyonu çok önem arz etmektedir ve fabrikalarda ürünlerin sevk edilmeden önce hava sirkülasyonunun iyi olduğu depolama şartlarında depolanmalı ve tüketicilere bu durumda sunulması gerekmektedir. Böylece formaldehit emisyonunun en fazla olduğu üretim aşaması ve sonrasında emisyonun en yüksek seviyede olması giderilmiş olmaktadır (Şahin H.T. ve diğ. 2011).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 MATERYAL

Bu çalışmada, ülkemizde üretilen ve ticari olarak satışı yapılan farklı firmalarda üretilmiş yüzeyi kaplanmamış ve yüzeyi melamin kaplı, PVC kaplı ve yüzeyi boyanmış (poliüretan beyaz lake) olmak üzere 4 farklı yüzey kaplama uygulaması olan 18 mm kalınlığında yonga levha, lif levha ve kavak kontrplak kullanılmıştır. Levhalar, Eylül - Ekim 2012 tarihleri arasında üretimi yapılan tesis depolarından üretim tarihinden sonra 2 hafta içerisinde rastgele örnekleme yolu ile temin edilmiştir.

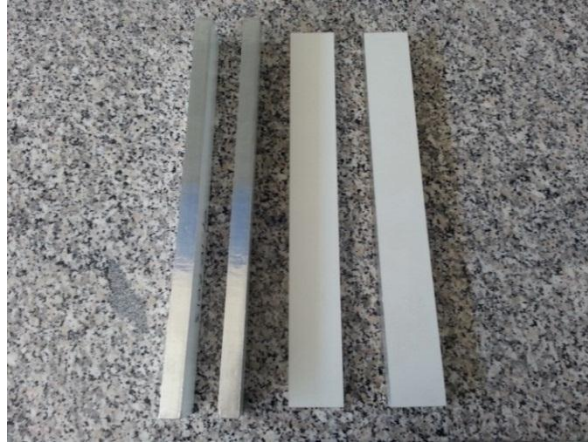
2.2.1. Deney numunelerinin hazırlanması

Oda metoduna göre deney numunesinin alınması ve deney parçalarının kesilmesi, TS EN 326-1 standardına uygun olarak yapılmıştır ve deney numunelerinin ölçüleri $1m^2/m^3$ toplam yükleme oranına uyacak şekilde yapılmıştır. Deney numuneleri 500 mm * 500 mm * 18 mm ölçülerinde hazırlanmış ve Şekil 2.1' de gösterildiği gibi alüminyum bant ile numunelerin iki kenarının tamamı ve üçüncü kenarın yarısı kapatılmıştır. Her deney için 2 numune kullanılmıştır. Üç farklı levha*dört farklı yüzey*onaltı adet numune toplam 192 adet numune kullanılmıştır. Deney numuneleri, kesildikten hemen sonra hava geçirmeyecek şekilde sıkıca sarılarak deney başlayıncaya kadar sarılı halde bekletilmiştir. Deneye başlamadan hemen önce numuneler paketten çıkarılmıştır.



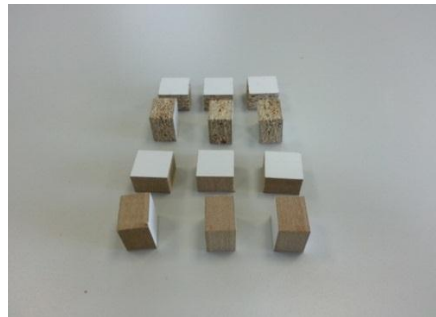
Şekil 2.1. Oda Metodu için deney numunesi.

Gaz analiz metoduna göre numunenin alınması ve deney parçalarının kesilmesinde, TS EN 326 – 1’ de belirtilen esaslara uyulmuştur. Deney numuneleri 400 mm * 50 mm * 18 mm ölçülerinde hazırlanmış ve Şekil 2.2’ de gösterildiği gibi alüminyum bant ile numunelerin kenarları kapatılmıştır. Her deney için 3 numune hazırlanmıştır. Üç farklı levha*dört farklı yüzey*yirmidört adet numune toplam 288 adet numune kullanılmıştır. Deneylerde iki numune arasındaki fark 0,5 mg/m²h’ ten fazla olduğu takdirde 3. numunenin de ölçümleri yapılmıştır. Deney numuneleri, kesildikten hemen sonra hava geçirmeyecek şekilde sıkıca sarılarak deney başlayıncaya kadar sarılı halde oda sıcaklığında bekletilmiştir. Deneye başlamadan hemen önce numuneler paketten çıkarılmıştır.



Şekil 2.2. Gaz analiz deney numuneleri.

Rutubet miktarının tayini için numunenin alınması ve deney parçalarının kesilmesinde, TS EN 326 – 1’ de belirtilen esaslara uyulmuştur. Şekil 2.3’ de rutubet deneyi için numuneler verilmiştir. Gaz analiz deneyi, her deney için 6 adet 25 mm*25 mm ve oda metodu, her deney için 4 adet 50 mm*50 mm boyutlarında numune kullanılmıştır.



Şekil 2.3. Rutubet deneyi numuneleri

Yoğunluk tayini için numunenin alınması ve deney parçalarının kesilmesinde, TS EN 326 – 1’de belirtilen esaslara uyulmuştur. Numuneler 50 mm*50 mm boyutlarında her numune için 6 adet hazırlanmıştır.

2.2 YÖNTEM

Bu çalışmada formaldehit yayılmasının tespiti için TS EN 717-1 (Oda Metodu ile Formaldehit Yayılması) ve formaldehit ayrışmasının tespiti için TS EN 717-2 (Gaz Analiz Metodu ile Formaldehit Ayrışması) standartlarına uyulmuştur. Deneyler, bu metodlardan TÜRKAK’ tan akredite olan Türk Standardları Enstitüsü Gebze Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Ahşap Bölümünde gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. Oda Metodu

Bu çalışmada numunelerden yayılan formaldehitin tespitinde TS EN 717-1/Nisan 2006 standardında belirtilen esaslara uyulmuştur.

Deneylerde Şekil 2.4’ de gösterilen Timber Test markalı 1 m³, lük deney odası kullanılmıştır.



Şekil 2.4. 1m³, lük deney odası

Kenarları kapatılan deney numuneleri, Çizelge 2.1’ deki şartlarda kontrol edilen odanın tam merkezine, hava akışına paralel, yüzeyleri arasında yaklaşık 200 mm mesafe olacak şekilde Şekil 2.5’ de gösterildiği gibi yerleştirilmiş ve deney başlatılmıştır.



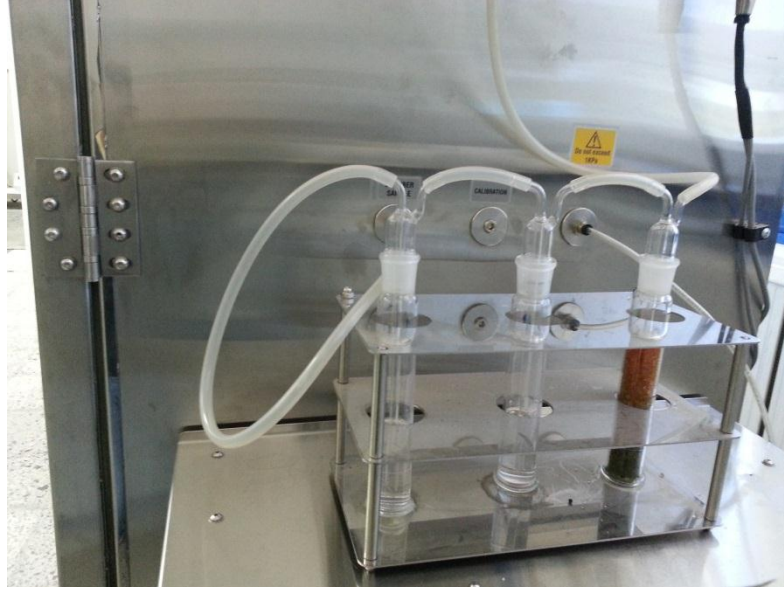
Şekil 2.5. Numunenin deney odasına yerleştirilmesi.

Deneye başlamadan bir gün önce cihaz açılmış ve Çizelge 2.1’ deki deney şartlarına ayarlanmıştır. 24 saat sonra boş olan cihazdan numune alma işlemi yapılmış ve cihaz içerisinde formaldehitin olup olmadığı belirlenmiştir. Formaldehit olmadığı tespit edilen cihaza numuneler yerleştirilmiştir.

Çizelge 2.1. Deney odası şartları

Sıcaklık	$23\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Nispi Nem	$\%45\pm 3$
Yükleme Faktörü	$1,0\pm 0,02\text{m}^2/\text{m}^3$
Hava Değişim Oranı	$1,0\pm 0,05$ saat
Deney Parçaları Yüzeyindeki hava akış hızı	0,1’den 0,3’e kadar m/s

Numunelerden yayılan ve oda içerisindeki hava ile karışan formaldehitin tespiti için her gün iki defa olmak üzere numune alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Numune alma işleminde içerisinde en az 25 ml saf su bulunan Şekil 2.6’ da gösterildiği gibi iki adet gaz yıkama şişesi kullanılmıştır. Odadaki, havanın 120 L’ lik kısmı periyodik olarak numune alma esnasında bir saat boyunca yıkama şişelerinin içinden 2 L/dakika bir hızla geçirilerek havadaki formaldehitin saf suyun içerisinde kalması sağlanmıştır.



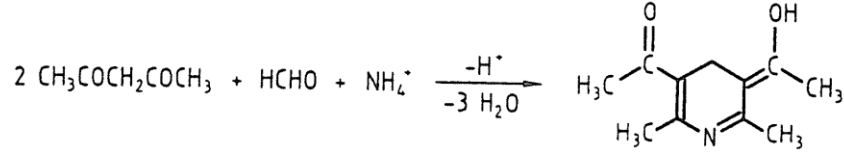
Şekil 2.6. Gaz yıkama şişelerinin cihaza yerleştirilmesi.

Asetil aseton metodu uygulamasında; 50 ml' lik ölçülü balonlara içerisine, soğurulan çözeltinin her birinden 10 ml alınarak bunların üzerine 10 ml asetil aseton ve 10 ml amonyum asetat çözeltisi ilave edilmiştir. Balonların ağzı kapatılmış ve 40 °C sıcak suda 15 dakika ve 1 saat karanlık odada reaksiyonun tamamlanması amacıyla bekletilmiştir. Daha sonra Şekil 2.7' de verilen spektrofotometrede 412 nanometre (nm) dalga boyunda absorban ölçümü yapılmıştır. Numune çözeltisinin hesaplanan formaldehit muhtevası esnasında kullanılan saf suda formaldehit muhtevası hesabı da yapılmıştır. 10 ml kullanılan saf su, 10 ml asetil aseton çözeltisi ve 10 ml amonyumasetat çözeltisinden elde edilen çözeltiyi kullanarak bir tanık değer elde edilmiştir.



Şekil 2.7. Spektrofotometre.

Tayinin prensibi; amonyum iyonları ile asetil asetonun diasetil hidrolit (DDL) oluşturmasına dayanan sulandırılmış formaldehit reaktörleri içerisindeki ‘Hantzsch Tepkimesidir’. DDL, 412 nm’ de en yüksek soğurmaya ulaşır. Bu durum formaldehite özel bir reaksiyondur. Reaksiyon Şekil 2.8’de verilmiştir.



asetil aseton Formaldehit Amonyum iyonu Diasetildihidrolitidin (sarı renkli)

Şekil 2.8. Hantzsch Tepkimesi (TS EN 717-1, 2006)

$$G = (A_s - A_b) * f * V_{sol} \quad (1)$$

Burada;

- G : Tutulan özeltilerin her birindeki formaldehit muhtevası (mg),
A_s : Gaz yıkama Şişelerinden soğrulan çözeltinin absorbansı,
A_b : Tanık değer absorbansı (kullanılan saf suyun absorbansı),
f : Standard formaldehit çözeltisi için kalibrasyon eğrisinin eğimi (mg/mL),
V_{sol} : Tutulan çözeltinin hacmi (mL),

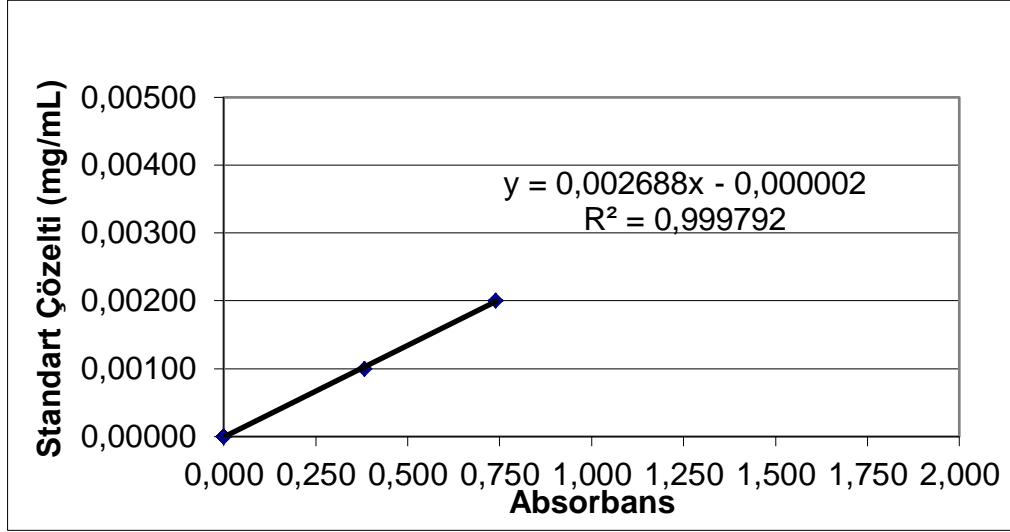
Formaldehit yayılması Eş. 2 ile hesaplanmıştır. Bu değer deney odasındaki havanın konsantrasyonu olarak ifade edilir;

$$c = \frac{G_{tot}}{V_{hava}} \quad (2)$$

Burada;

- c : Formaldehit konsantrasyonu (mg/m³),
G_{tot} :Tutulan formaldehitin toplam miktarı (mg), (G_{tot}=G₁+G₂ günde iki ölçüm yapıldığından dolayı formaldehit muhtevaları toplanır)
V_{hava} : Hava numunesinin hacmi (m³).

Kalibrasyon eğiminin yapılması; 4 g/L formaldehit çözeltisinden 20 ml alınarak 1000 ml' lik balon jöje içerisine konulmuş, üzerine saf su ilave edilerek 1000 ml' ye tamamlanmıştır. Daha sonra bu çözeltiden sırayla 0 ml, 5 ml, 10 ml, 20 ml, 50 ml ve 100 ml alınarak 100 ml' lik jöjeye alınmış üzerleri saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan her bir çözeltiden yukarıda tarif edilen asetil aseton metoduna göre absorbansları ölçülmüştür. Şekil 2.9' de verildiği üzere eğim bulunmuştur.



(Not: Kalibrasyon eğrisi TSE laboratuvar personeli tarafında oluşturulmuştur ve her 15 günde yeniden hesaplanmaktadır)

Şekil 2.9. Kalibrasyon eğrisi

Denge durumundaki yayılma değerinin tayini Eş.3' deki gibi hesaplanmıştır. Bu hesaplama ortalama 10 gün sürmüştür ve en az 7 gün boyunca formaldehit konsantrasyonunun ölçümü gerçekleştirilmiştir. Her gün iki formaldehit tayini gerçekleştirilmiş ve bunların ortalaması alınmıştır. 10 gün içerisinde denge durumuna ulaşmamışsa, deneye devam edilmiştir. En son ölçülen formaldehit konsantrasyonu ile bu ölçümden 4 gün öncesi arasındaki azalma %5' e eşit veya düşükse denge durumuna ulaşmış olur ($\delta=0,005$).

Denge durumu tayini formülü Eş.3' de verilmiştir;

$$[(c_t - c_{t+96}) / c_{t+96}] \leq \delta \quad (3)$$

Burada;

c_t, c_{t+96} : t ve t+96 sürelerindeki formaldehit konsantrasyonu

- t : deneyin devam ettiği süreler (saat)
δ : konsantrasyonda kabul edilen düşüş

2.2.3. Gaz Analiz Metodu

Bu çalışmada uygulanan diğer metotta ise formaldehit ayrışmasının tayini yapılmıştır. Formaldehit ayrışmasının tayininde TS EN 717-2/Nisan 1999 (Ahşap Esaslı Levhalar- Formaldehit Ayrışması Tayini- Bölüm 2: Gaz Analiz Metodu ile Formaldehit Ayrışması) standardında belirtilen esaslara uyulmuştur.

Bu metotta Şekil 2.10' da verilen 'Timber Test' markalı gaz analiz cihazı kullanılmıştır.



Şekil 2.10. Gaz analiz cihazı.

Cihaz, Çizelge 2.2' de verilen koşullara ayarlanmıştır. Numuneler cihazın içerisine Şekil 2.11' de gösterildiği gibi yerleştirilmiştir.

Çizelge 2.2. Gaz analiz deney şartları.

Sıcaklık	60±0,5°C
Hava akış hızı	60±3 L/s
Hava basıncı	1000 ila 1200 Pa
Nispi rutubet	%2±1



Şekil 2.11. Gaz analiz numunesinin cihaza yerleştirilmesi

Deney numunelerinden yayılan ve deney odası içerisindeki hava ile karışan formaldehit Şekil 2.12’ de gösterilen 20 ml ve 30 ml’ lik saf su ihtiva eden gaz yıkama şişelerinden geçirilerek suya emdirilmiştir. Deneye 4 saat süresince devam edilmiştir. Her saatte yeni bir yıkama şişesi serisi içerisinde formaldehit içeren hava geçirilmiştir. Deney sonunda bir çift gaz yıkama şişesi içerisinde bulunan suya karışmış olan formaldehit çözeltisi, 250 ml hacimli şişeye nakledilmiştir ve üzeri saf su ile tamamlanmıştır.



Şekil 2.12. Gaz analiz cihazına yıkama şişelerinin yerleştirilmesi.

Deney sonunda, formaldehit konsantrasyonu, oda metodunda tarif edildiği gibi asetil aseton metodu ile fotometrik olarak absorbanstayini yapılmıştır. Formaldehit yayma, aşağıda verilen Eş. 4 ile hesaplanmıştır. Sonuç $\text{mg/m}^2 \text{ h}$ şeklinde ifade edilmektedir.

$$G_i = \frac{(A_s - A_B) * f * V}{F} \quad (4)$$

Burada;

G_i : Gaz analiz değeri (mg/m²h)

i : 1., 2., 3. veya 4. saat

A_s : Yıkama şişelerinden absorblanan çözelti,

A_B : Kullanılan saf su,

f : Standard formaldehit çözeltisinin ayar eğrisinin eğimi (mg/ml),

F : Yüzeyin formaldehit yayma alanı (kaplanmamış) (m²),

V : Dereceli şişenin hacmi (ml).

Sonuç olarak, deney parçasının ortalama gaz analiz değeri, Eş. 5' e göre hesaplanmıştır;

$$G_m = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + G_4}{4} \quad (5)$$

G_m : Deney parçasının ortalama gaz analiz değeri (mg / m²h).

TS EN 717-2 Gaz analiz metoduna göre formaldehit emisyonu belirleme yöntemi oda metodundan farklı olarak hızlandırılmış olarak ahşap esaslı levhalardan emisyonu belirlemek için kullanılmaktadır. Sıcaklık ve süre en ayırt edici özelliğidir. Cihaz, 60 °C sıcaklığa gelmesi için bir gün önceden açılmıştır.

2.2.4. Formaldehit Emisyonunun Zaman İçerisinde Değişiminin Tayini

Melamin kaplı yonga ve lif levhalarda zaman içerisinde formaldehit emisyonunun ne kadar azaldığını tespit etmek için oda metoduna göre yapılan deney sonuçları; Melamin kaplı yonga levha numuneleri 21 gün boyunca deneye tabi tutulmuş ve 28 adet numune alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneye, denge durumuna gelmesine rağmen devam edilmiş ve değerlerin 16. günden sonra hemen hemen aynı kaldığı tespit edilmiştir.

Gaz analiz metoduna göre yapılan deney sonuçları ise; Bu deneylere ocak ayında başlanmış ve ekim ayına kadar aylık periyotlar olmak üzere aynı levhadan kesilen farklı numuneler üzerinde 8 ölçüm yapılmıştır.

2.2.5. Rutubet Tayini

Deney numunelerinin rutubetleri TS EN 322/Nisan 1999 “Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini” standardına göre yapılmıştır. Rutubet miktarının, deney parçasından numune alındıktan hemen sonra tartılan kütlesi ile, (103 ± 2) °C’ de değişmez kütleye kadar kurutulmuş sonra tartılan kütlesi arasındaki farkın, kurutulduktan sonraki kütleye oranının yüzde olarak hesaplanmıştır. Her deney parçasının rutubet miktarı (H), yüzde olarak, % 0,1 yaklaşımla ve Eş.6’ daki formülle hesaplanmıştır.

$$H = \left(\frac{mH - mO}{mO} \right) * 100 \quad (6)$$

Burada;

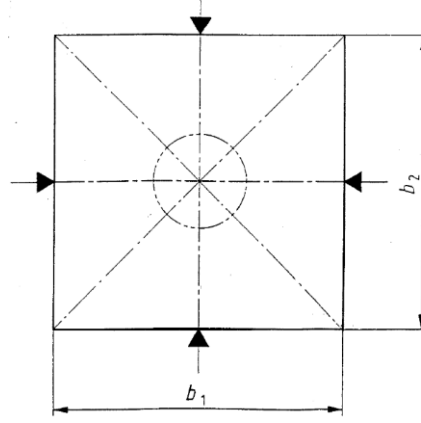
m_H : Deney parçasının numunenin alınması sırasındaki kütlesi (g)

m_O : Deney parçasının kurutmadan sonraki kütlesi (g).

2.2.6. Yoğunluk Tayini

Yoğunluk tayini için TS EN 323/Nisan 1999 standardı kullanılmıştır. Bu standard, ahşap esaslı levhaların deney parçalarının, birim hacim ağırlığının tayin edilmesi metodunu kapsamaktadır. Birim hacim ağırlığı, her bir deney parçası kütlesinin, hacmine oranı yoluyla tayin edilir. Deney parçaları, kare biçiminde ve anma kenar uzunluğu 50 mm’dir.

Deney parçaları, % (65 ± 5) nisbi rutubet ve (20 ± 2) °C sıcaklık şartlarında, değişmez kütleye ulaşıncaya kadar kondisyonlanmıştır. Şekil 2.13’de gösterildiği gibi 50 mm * 50 mm boyutlarındaki numuneler, ölçme noktalarından ölçülmüştür.



Şekil 2.13. Numune ölçme noktaları (TS EN 323, 1999)

Her deney parçasının birim hacim ağırlığı, Eş. 7'deki formülle hesaplanmıştır ve kg/m^3 olarak ifade edilmiştir.

$$p = \left(\frac{m}{b_1 * b_2 * t} \right) * 10^6 \quad (7)$$

Burada;

- p : birim hacim ağırlığı (kg/m^3)
m : deney parçasının kütlesi (g),
 b_1, b_2 : deney parçasının boyutları (mm),
t : deney parçasının kalınlığı (mm).

Kullanılan levhadan alınan 6 adet deney parçaları için bulunan birim hacim ağırlıklarının aritmetik ortalaması alınarak levhanın birim hacim ağırlığı bulunmuştur.

2.2.7. İstatistiksel Değerlendirme

Bulguların değerlendirilmesinde SPSS 17.0 istatistik analiz metodu ile varyans analizleri (ANOVA) yapılmıştır. Levha türü ve levhaların yüzey kaplamasının formaldehit emisyonu üzerine etkisi “Varyans Analizi ” ile %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir. Farklılık gösteren grup veya grupları belirlemek ve birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek alt grupları tespit etmek için levha gruplarına ait ortalamalar Duncan Testi ile sorgulanmıştır.

3. BULGULAR

Bu bölümde farklı yüzey kaplamalı yonga levha, lif levha ve kontrplak numunelerinin formaldehit emisyonları deney sonuçları oda metodu ve gaz analiz metodu olarak iki ayrı ana başlık altında verilmiştir. Üçüncü ana başlıkta ise melamin kaplı yonga levha ve lif levha numunelerinin zaman içerisindeki değişimi oda metodu ve gaz analiz metodu ile elde edilen bulgular mevcuttur. .

3.1. ODA METODUNA AİT BULGULAR

3.1.1. Yoğunluk Değerlerine Ait Bulgular

Oda metodunda kullanılan deney numunelerinin yoğunluk değerlerine ilişkin genel istatistik değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Numunelerin yoğunluk değerlerinin formaldehit emisyonu üzerine etkisi bu çalışmada araştırılmamıştır. Deneylerde kullanılan numunelerin yoğunluklarını belirlemek için ölçülmüştür.

Çizelge 3.1. Yoğunluk değerlerine ait genel istatistiksel sonuçlar

Levha Türü	Yüzey Kaplaması	Yoğunluk Değeri (kg/m ³)				
		Min.	Max.	Ortalama	Ortalama Standart Hata	Standart Sapma
Lif Levha	Ham	702,56	718,25	709,32	1,805	5,108
	Melamin Kaplı	730,89	742,36	736,29	1,387	3,925
	PVC Kaplı	733,63	743,63	739,33	1,109	3,138
	Boyalı	741,25	755,36	746,35	1,547	4,375
Yonga Levha	Ham	625,52	638,52	632,20	1,674	4,734
	Melamin Kaplı	628,52	637,25	631,23	1,041	2,946
	PVC Kaplı	617,85	638,85	628,64	2,789	7,890
	Boyalı	628,96	637,52	633,29	1,100	3,112
Kontrplak	Ham	730,15	770,12	751,40	5,212	14,744
	Melamin Kaplı	748,52	765,52	757,08	1,868	5,284
	PVC Kaplı	754,25	770,26	764,36	2,116	5,985
	Boyalı	759,96	772,56	766,35	1,579	4,468

Çizelge 3.1’e göre en yüksek yoğunluk değeri boyalı kontrplak numunelerinde tespit edilmiştir. Yonga levha numuneleri arasında fazla bir fark bulunmamaktadır. Lif levha numunelerinde ise en yüksek yoğunluk değeri boyalı umunelerde bulunmuştur.

3.1.2. Rutubet Değerlerine ait Bulgular

Oda metodunda kullanılan deney numunelerinin rutubet değerlerine ilişkin genel istatistik değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Numunelerin rutubet değerlerinin formaldehit emisyonu üzerine etkisi bu çalışmada araştırılmamıştır. Deneylerde kullanılan numunelerin rutubetlerini belirlemek için ölçülmüştür.

Çizelge 3.2. Rutubet değerlerine ait genel istatistiksel sonuçlar

Levha Türü	Yüzey Kaplaması	Rutubet Miktarı(%)				
		Min.	Max.	Ortalama	Ortalama Stan. Hata	Standart Sapma
Lif Levha	Ham	5,30	6,40	5,86	0,13	0,38
	Melamin Kaplı	6,30	7,10	6,77	0,08	0,23
	PVC Kaplı	5,20	5,70	5,52	0,06	0,18
	Boyalı	5,20	5,70	5,41	0,06	0,18
Yonga Levha	Ham	5,90	6,90	6,55	0,11	0,33
	Melamin Kaplı	6,80	7,20	6,97	0,05	0,14
	PVC Kaplı	5,70	6,20	6,00	0,07	0,20
	Boyalı	5,20	5,70	5,47	0,05	0,16
Kontrplak	Ham	8,50	9,60	8,95	0,12	0,35
	Melamin Kaplı	8,80	9,70	9,23	0,12	0,34
	PVC Kaplı	8,80	9,60	9,06	0,10	0,29
	Boyalı	8,30	9,10	8,73	0,09	0,26

Kontrplak numunelerinin rutubetleri lif ve yonga levhaya göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Boyalı lif ve yonga levhada en düşük rutubet değerleri bulunmuştur.

3.1.3. Formaldehit Emisyonlarına Ait Bulgular

Levha Türü ve yüzey kaplama çeşidinin oda metoduna göre formaldehit emisyonlarına ait tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 3.3’ de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Oda metodu formaldehit emisyon değerleri istatistiksel sonuçlar

Gruplar		N	Formaldehit Emisyonu (mg/m ³)			
Levha Türü	Yüzey Kaplaması		X _{min}	X _{max}	X _{ort} (%)	Std. Sp.
Yonga Levha	Ham	8	0,092	0,132	0,114	0,014
	Melamin Kaplı		0,028	0,038	0,034	0,005
	PVC Kaplı		0,050	0,098	0,076	0,018
	Boyalı		0,019	0,036	0,027	0,006
Lif Levha	Ham	8	0,108	0,144	0,120	0,012
	Melamin Kaplı		0,078	0,114	0,096	0,013
	PVC Kaplı		0,049	0,088	0,064	0,013
	Boyalı		0,036	0,065	0,049	0,010
Kontırplak	Ham	8	0,096	0,126	0,106	0,013
	Melamin Kaplı		0,058	0,098	0,075	0,015
	PVC Kaplı		0,055	0,094	0,082	0,015
	Boyalı		0,019	0,036	0,028	0,005

Çizelge 3.3'ün sonucuna göre levha türü ve yüzey kaplaması düzeyinde farklılık görülmüştür. Bu farklılığın hangi faktörlerden kaynaklandığını belirlemek için varyans analizi yapılmış ve sonucu Çizelge 3.4.'de verilmiştir

Çizelge 3.4. Oda metodu formaldehit emisyonlarına ait varyans analizi

Faktör	Ser. Derece.	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	F Değeri	P≤0,05
Levha Türü (A)	2	0,006	0,003	20,135	0,0000*
Yüzey Kaplaması (B)	3	0,075	0,025	166,250	0,0000*
Levha Türü * Yüzey Kaplaması (A*B)	6	0,014	0,002	15,504	0,0000*
Hata	84	0,013	0,000		
Toplam	96	0,618			

(* = 0,05'e göre önemli)

Varyans analizi sonucuna göre levha türü, yüzey kaplaması ve levha türü – yüzey kaplaması ikili etkileşimi formaldehit emisyonu üzerinde anlamlı çıkmıştır (P≤0,05).

Daha sonra levha türü düzeyinde yapılan duncan testi sonuçları Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan levha türlerinin tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları

Levha Türü	N	Xort	H.G.
Yonga Levha	32	0,063	C
Lif Levha		0,082	A*
Kontrplak		0,072	B
LSD: ±0,088			

Çizelge 3.5' e göre levha türü esas alındığında formaldehit emisyonu değeri; en yüksek lif levha örneklerinde (0,082 mg/m³), en düşük yonga levha örneklerinde (0,063 mg/m³) gerçekleşmiştir.

Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi Çizelge 3.6' da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları

Yüzey Kaplaması	N	Xort	H.G.
Ham	24	0,114	A*
Melamin Kaplı		0,069	B
PVC Kaplı		0,074	B
Boyalı		0,035	C
LSD: ±0,030			

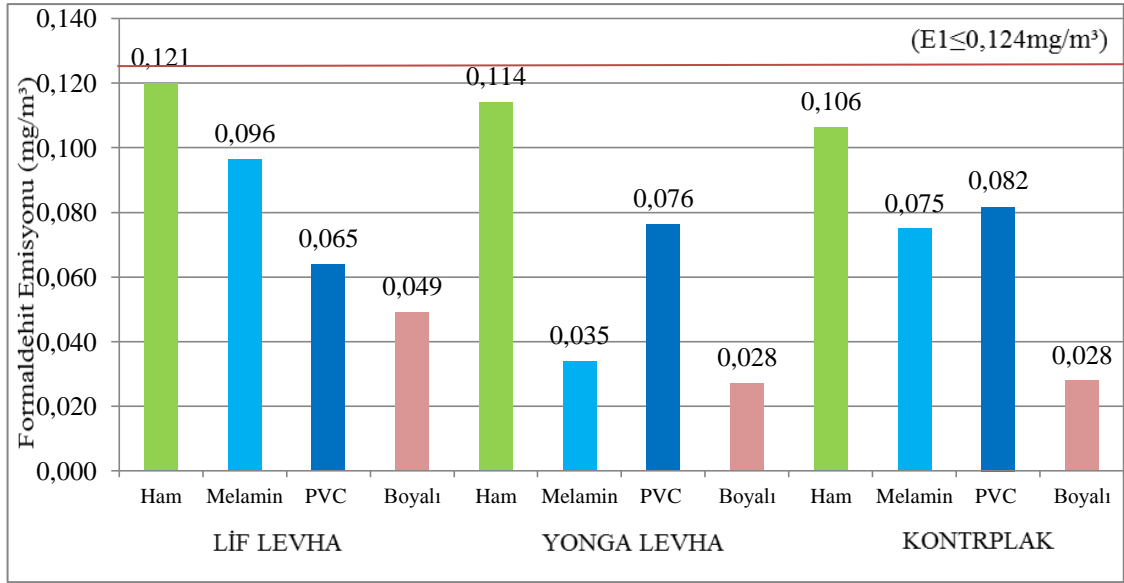
Çizelge 3.6' ya göre yüzey kaplaması esas alındığında formaldehit emisyonu değeri; en yüksek ham örneklerinde (0,114 mg/m³), en düşük boyalı örneklerinde (0,035 mg/m³) gerçekleşmiştir.

Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan levha türü ve yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi Çizelge 3.7' de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan levha türü ve yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları

Levha Türü	Yüzey Kaplaması	N	Xort	H.G.
Yonga Levha	Ham	8	0,114	AB
	Melamin Kaplı		0,035	G
	PVC Kaplı		0,076	DE
	Boyalı		0,028	G
Lif Levha	Ham	8	0,121	A*
	Melamin Kaplı		0,096	C
	PVC Kaplı		0,065	E
	Boyalı		0,049	F
Kontrplak	Ham	8	0,106	BC
	Melamin Kaplı		0,075	DE
	PVC Kaplı		0,082	D
	Boyalı		0,028	G
LSD: ±0,010				

Çizelge 3.7' ye göre levha türü ve yüzey kaplaması esas alındığında formaldehit emisyonu değeri; en yüksek ham lif levha örneklerinde ($0,121 \text{ mg/m}^3$), en düşük boyalı yonga levha örneklerinde ($0,028 \text{ mg/m}^3$), boyalı kontrplak örneklerinde ($0,028 \text{ mg/m}^3$) ve melamin kaplı yonga levha örneklerinde ($0,035 \text{ mg/m}^3$) gerçekleşmiştir. PVC kaplı numunelerde en düşük formaldehit emisyonu ortalaması sırası ile lif levhada $0,065 \text{ mg/m}^3$, yonga levha da $0,076 \text{ mg/m}^3$ ve kontrplakta $0,082 \text{ mg/m}^3$ bulunmuştur. Melamin kaplı levhalarda ise en düşük formaldehit emisyonu ortalaması sırası ile yonga levhada $0,035 \text{ mg/m}^3$, kontrplakta $0,075 \text{ mg/m}^3$ ve lif levhada $0,096 \text{ mg/m}^3$ bulunmuştur. Kaplanmamış levhalarda ise formaldehit emisyonu ortalaması sırası ile kontrplakta $0,106 \text{ mg/m}^3$, yonga levhada $0,114 \text{ mg/m}^3$ ve lif levhada $0,121 \text{ mg/m}^3$ bulunmuştur. Bütün numunelerin ortalama emisyon değerleri bir grafik halinde Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Rutubet miktarları düşük olduğundan dolayı boyalı levhalarda formaldehit emisyonunun da daha düşük olduğu düşünülmektedir. Tüm örnek gruplarının formaldehit emisyonları TS EN 13956 standardına göre formaldehit sınıfı E1 olduğu tespit edilmiştir ($E1 \leq 0,124 \text{ mg/m}^3$).



Şekil 3.1. Oda metodu formaldehit emisyonu değerleri

3.2. GAZ ANALİZ METODUNA AİT BULGULAR

3.2.1. Yoğunluk Değerlerine Ait Bulgular

Gaz analiz metodunda kullanılan deney numunelerinin yoğunluk değerlerine ilişkin genel istatistik değerleri Çizelge 3.8’de verilmiştir. Numunelerin yoğunluk değerlerinin formaldehit emisyonu üzerine etkisi bu çalışmada araştırılmamıştır. Deneylerde kullanılan numunelerin yoğunluklarını belirlemek için ölçülmüştür.

Çizelge 3.8. Yoğunluk değerlerine ait genel istatistiksel sonuçlar

Levha Türü	Yüzey Kaplaması	Yoğunluk Değeri (kg/m³)				
		Min.	Max.	Ortalama	Ortalama Stand. Hata	Standart Sapma
Lif Levha	Ham	699,51	720,29	705,87	2,351	6,651
	Melamin Kaplı	730,25	746,36	740,83	1,952	5,523
	PVC Kaplı	735,65	745,63	740,28	1,386	3,921
	Boyalı	739,65	754,58	747,94	1,816	5,136
Yonga Levha	Ham	622,56	640,80	633,60	2,063	5,835
	Melamin Kaplı	620,25	644,85	630,12	2,519	7,126
	PVC Kaplı	617,89	646,33	628,26	3,615	10,225
	Boyalı	623,85	638,85	638,45	1,753	4,959
Kontrplak	Ham	723,73	776,69	755,55	5,978	16,909
	Melamin Kaplı	751,25	769,03	759,32	2,213	6,259
	PVC Kaplı	753,31	775,63	765,56	2,534	7,167
	Boyalı	758,85	775,24	767,51	1,614	4,566

En yüksek yoğunluk değeri boyalı kontrplak numunelerinde tespit edilmiştir. Lif ve yonga levhaların boyalı numunelerinde en yüksek yoğunluk değerleri tespit edilmiştir.

3.2.2. Rutubet Değerlerine Ait Bulgular

Gaz analiz metodunda kullanılan deney numunelerinin rutubet değerlerine ilişkin genel istatistik değerleri Çizelge 3.9’da verilmiştir. Numunelerin rutubet değerlerinin formaldehit emisyonu üzerine etkisi bu çalışmada araştırılmamıştır. Deneylerde kullanılan numunelerin rutubetlerini belirlemek için ölçülmüştür.

Çizelge 3.9. Rutubet değerlerine ait genel istatistiksel sonuçlar

Levha Türü	Yüzey Kaplaması	Rutubet Miktarı(%)				
		Min.	Max.	Ortalama	Ortalama Stan. Hata	Standart Sapma
Lif Levha	Ham	4,80	6,80	5,90	0,26	0,69
	Melamin Kaplı	5,90	7,90	6,66	0,25	0,73
	PVC Kaplı	4,40	5,70	5,25	0,15	0,43
	Boyalı	4,60	5,70	5,18	0,12	0,36
Yonga Levha	Ham	35,20	7,00	6,31	0,22	0,64
	Melamin Kaplı	6,10	8,70	7,05	0,30	0,86
	PVC Kaplı	5,60	7,20	6,22	0,19	0,55
	Boyalı	4,60	7,40	5,33	0,34	0,97
Kontrplak	Ham	7,40	10,20	8,75	0,37	1,07
	Melamin Kaplı	7,70	10,00	8,95	0,32	0,93
	PVC Kaplı	7,80	10,20	8,63	0,27	0,78
	Boyalı	6,90	8,30	7,80	0,19	0,56

Kontrplak numunelerin rutubet miktarı lif ve yonga levhaya oranla daha yüksek bulunmuştur. En düşük rutubet miktarı boyalı lif ve yonga levha umunelerinde tesp edilmiştir.

3.2.3. Formaldehit Emisyonlarına Ait Bulgular

Levha Türü ve yüzey kaplama çeşidinin gaz analiz metoduna göre formaldehit emisyonlarına ait tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 3.10’ da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Gaz analiz metodu formaldehit emisyon değerleri istatistiksel sonuçlar

Gruplar		N	Formaldehit Emisyonu (mg/m ² h)			
Levha Türü	Yüzey Kaplaması		X _{min}	X _{max}	X _{ort} (%)	Std. Sp.
Yonga Levha	Ham	8	5,200	7,000	6,310	0,642
	Melamin Kaplı		0,420	1,910	0,990	0,494
	PVC Kaplı		0,580	1,300	0,810	0,234
	Boyalı		0,250	0,710	0,440	0,140
Lif Levha	Ham	8	4,900	12,710	6,730	2,682
	Melamin Kaplı		0,870	1,890	1,370	0,304
	PVC Kaplı		0,290	1,330	0,900	0,385
	Boyalı		0,360	1,100	0,720	0,266
Kontrplak	Ham	8	1,540	4,740	3,030	1,033
	Melamin Kaplı		0,910	1,750	1,330	0,315
	PVC Kaplı		0,490	1,220	0,900	0,231
	Boyalı		0,260	0,750	0,520	0,164

Çizelge 3.10 sonucuna göre levha türü ve yüzey kaplaması düzeyinde formaldehit emisyonunda farklılık görülmüştür. Bu farklılığın hangi faktörlerden kaynaklandığını belirlemek için varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.11’de verilmiştir

Çizelge 3.11. Gaz analiz metodu formaldehit emisyonlarına ait varyans analizi

Faktör	Ser. Derece.	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	F Değeri	P≤0,05
Levha Türü (A)	2	15,268	7,634	9,335	0,0000*
Yüzey Kaplaması (B)	3	243,192	81,064	99,130	0,0000*
Levha Türü * Yüzey Kaplaması (A*B)	6	33,538	5,590	15,504	0,0000*
Hata	84	68,691	0,818		
Toplam	96	671,692			

(* = 0,05’e göre önemli)

Varyans analizi sonucuna göre yüzey kaplaması, levha türü – yüzey kaplaması ikili etkileşiminin ve levha türünün formaldehit emisyonu üzerinde anlamlı olduğu çıkmıştır (P≤0,05).

Daha sonra levha türü düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan levha türlerinin tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları

Levha Türü	N	Xort	H.G.
Yonga Levha	32	1,594	B
Lif Levha		2,358	A*
Kontrplak		1,448	B
LSD: ±0,560			

Çizelge 3.12' ye göre levha türü esas alındığında formaldehit emisyonu değeri; en yüksek lif levha örneklerinde (2,358 mg/m²h), en düşük kontrplak örneklerinde (1,448 mg/m²h) gerçekleşmiştir.

Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi Çizelge 3.13' de verilmiştir.

Çizelge 3.13. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları

Yüzey Kaplaması	N	Xort	H.G.
Ham	24	4,526	A*
Melamin Kaplı		1,234	B
PVC Kaplı		0,876	BC
Boyalı		0,563	C
LSD: ±0,320			

Çizelge 3.13' e göre yüzey kaplaması esas alındığında formaldehit emisyonu değeri; en yüksek ham örneklerinde (4,526 mg/m²h), en düşük boyalı örneklerinde (0,563 mg/m²h) gerçekleşmiştir.

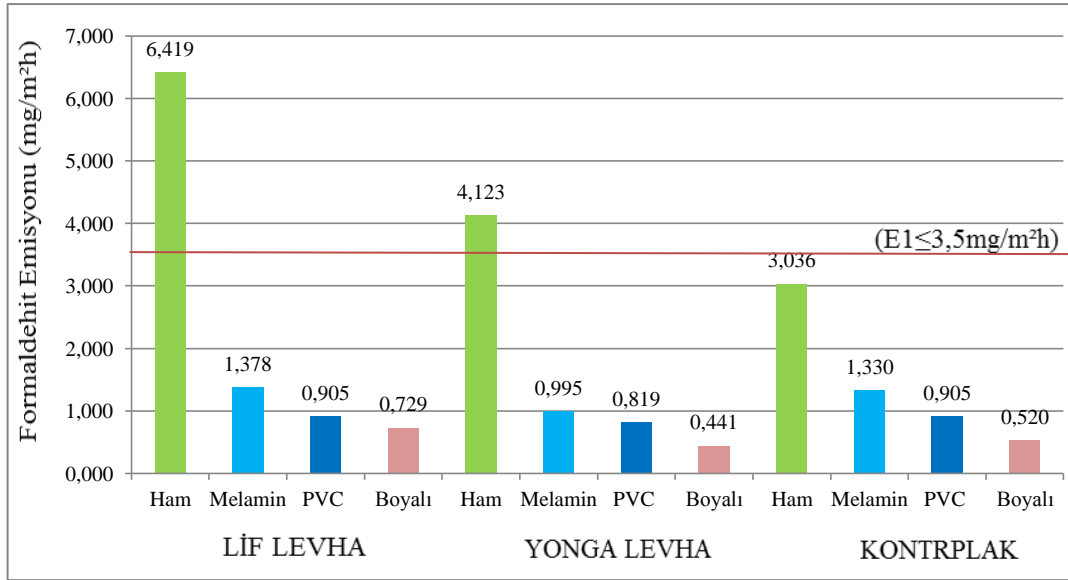
Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan levha türü ve yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi Çizelge 3.14' de verilmiştir.

Çizelge 3.14. Formaldehit emisyonu değerlerine göre farklılık yaratan levha türü ve yüzey kaplamalarının tespitine ilişkin Duncan testi sonuçları

Levha Türü	Yüzey Kaplaması	N	Xort	H.G.
Yonga Levha	Ham	8	4,123	B
	Melamin Kaplı		0,995	D
	PVC Kaplı		0,819	D
	Boyalı		0,441	D
Lif Levha	Ham	8	6,419	A*
	Melamin Kaplı		1,378	D
	PVC Kaplı		0,905	D
	Boyalı		0,729	D
Kontrplak	Ham	8	3,036	C
	Melamin Kaplı		1,330	D
	PVC Kaplı		0,905	D
	Boyalı		0,520	D
LSD: ±0,335				

Çizelge 3.14' e göre levha türü ve yüzey kaplaması esas alındığında formaldehit emisyonu değeri; en yüksek ham lif levha örneklerinde (6,419 mg/m²h), en düşük boyalı yonga levha örneklerinde (0,441 mg/m²h), boyalı kontrplak örneklerinde (0,520 mg/m²h) ve boyalı lif levha örneklerinde (0,729 mg/m²h) gerçekleşmiştir. Ham yonga lif levha örnekleri formaldehit emisyonları TS EN 13956 standardına göre formaldehit sınıfı E2 (3,5<E2≤8mg/m²h) olduğu ve diğer levha grupları ise formaldehit sınıfının E1 olduğu tespit edilmiştir (E1≤3,5 mg/m²h).

Şekil 3.2'de gaz analiz metoduna göre emisyon sonuçlarının ortalama değerleri bir grafik halinde gösterilmiştir.

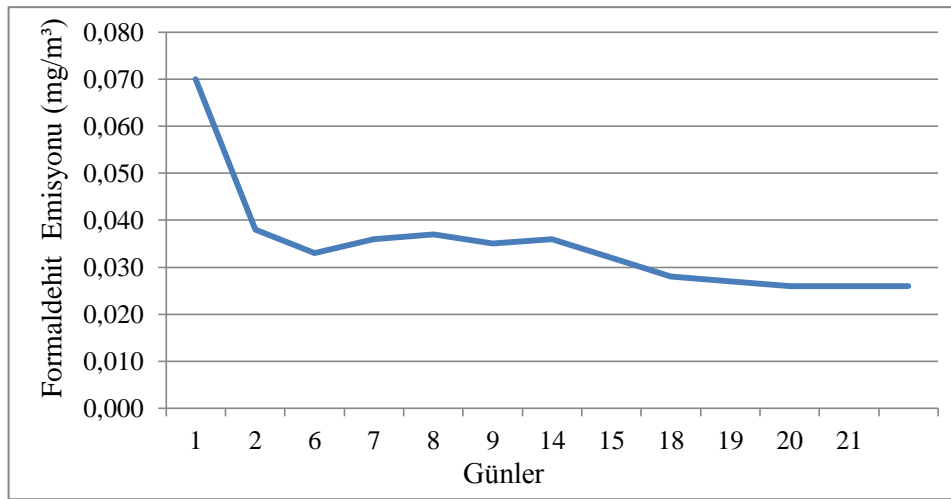


Şekil 3.2. Gaz analiz metodu formaldehit emisyonu değerleri

3.3. FORMALDEHİT EMİSYONUNUN ZAMAN İÇERİSİNDE DEĞİŞİMİNE AİT BULGULAR

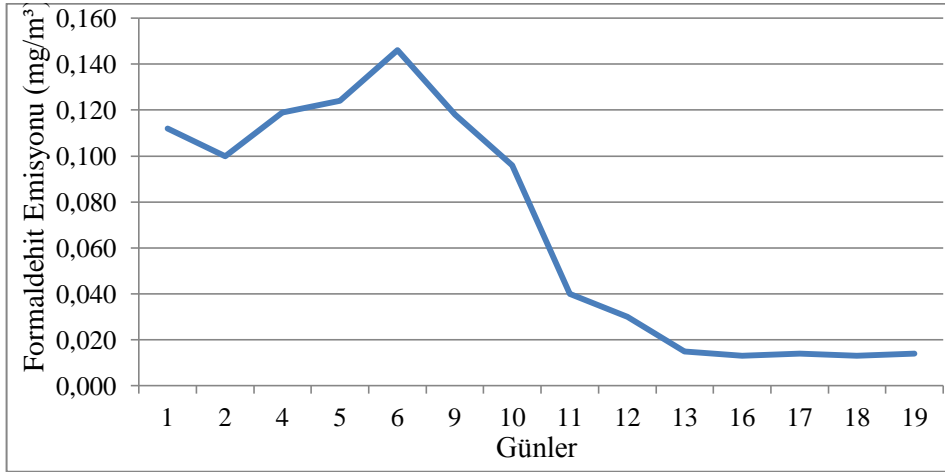
3.3.1. Oda Metoduna Ait Bulgular

Deneyin ilk gününde formaldehit emisyon miktarı $0,070 \text{ mg/m}^3$ iken, hızlı bir azalma seyri izlenmiş ve yaklaşık $0,025 \text{ mg/m}^3$ lük bir değerde devam ettiği görülmüştür (Şekil 3.3). Grafikte az da olsa dalgalanmalar mevcuttur ama akış olarak ideale yakın bir seyir izlenmiştir.



Şekil 3.3. Melamin kaplı yonga levhanın oda metoduna göre formaldehit emisyonu

Melamin kaplı lif levha numuneleri 19 gün boyunca deneye tabi tutulmuş ve 30 adet numune alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneye, denge durumuna gelmesine rağmen devam edilmiş ve değerlerin 16. ölçümden sonra hemen hemen aynı kaldığı tespit edilmiştir. Deneyin ilk günlerinde yaklaşık $0,112 \text{ mg/m}^3$ olan formaldehit miktarında, ilk beş gün boyunca artarak $0,142 \text{ mg/m}^3$ lük bir değere ulaşmıştır. Bunun nedeni cihazdan kaynaklı sapmalardan meydana gelebileceği düşünülmektedir. Daha sonra formaldehit emisyonu azalma seyrine geçtiği ve 16. günden sonra $0,014 \text{ mg/m}^3$ lük bir değerde sabitlendiği tespit edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Melamin kaplı lif levhanın oda metoduna göre formaldehit emisyonu

Deney sonuçlarına göre melamin kaplı yonga ve lif levha deney numuneleri TS EN 13986 standardına göre ($x \leq 0,124 \text{ mg/m}^3$) formaldehit emisyon sınıfı E1'dir.

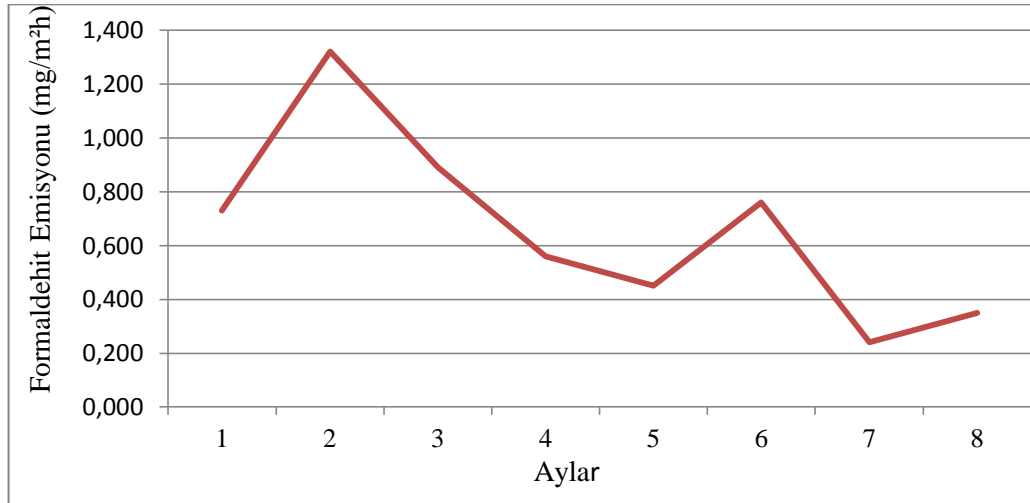
3.3.2. Gaz Analiz Metoduna Ait Bulgular

1. ayda ilk yapılan ölçümde $0,730 \text{ mg/m}^2\text{h}$ lik bir değer elde edilmiştir. 2. ayda formaldehit emisyon değeri hızlı bir artış göstermiş ve $1,320 \text{ mg/m}^2\text{h}$ lik bir değere ulaşmıştır. Zamanla azalma eğilimi gösteren formaldehit emisyonu 5. ayda $0,450 \text{ mg/m}^2\text{h}$ değerine düşmüştür. Düşme seyrinde olan formaldehit emisyon değerinde 6. ayda ani bir yükseliş tespit edilmiştir. 7. ayda $0,240 \text{ mg/m}^2\text{h}$ lük bir değere düşmüştür. Çizelge 3.15 ve 16'da deneyin yapıldığı aylara göre formaldehit emisyon değerleri ve deney esnasındaki rutubet miktarları verilmektedir. Fakat burada da rutubet miktarları formaldehit emisyonu hesabına katılmamaktadır sadece rutubet miktarını öğrenme amaçlı yapılmıştır.

Çizelge 3.15. Melamin kaplı yonga levhaların gaz analiz deneylerindeki rutubet miktarı ve emisyon değerleri

Aylar	Rutubet Miktarı (%)	Formaldehit Emisyon Değerleri(mg/m ² h)
Kasım	7,4	0,730
Aralık	7,4	1,320
Ocak	6,6	0,890
Şubat	6,6	0,560
Mart	6,7	0,450
Nisan	7,4	0,760
Mayıs	6,9	0,240
Haziran	7,2	0,330

Şekil 3.5’ de görüldüğü üzere formaldehit emisyonu 2. ve 6. ölçümler dışında azalma görülmektedir. Deney numunelerinin depolanması esnasında meydana gelen sıcaklık ve hava değişimlerinden ya da depolama alanında daha yüksek formaldehit içeriği bulunan numunelerden kaynaklı 2. ve 6. ölçümler yüksek çıkmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.5. Melamin kaplı yonga levhalarda gaz analiz metoduna göre emisyon değerleri

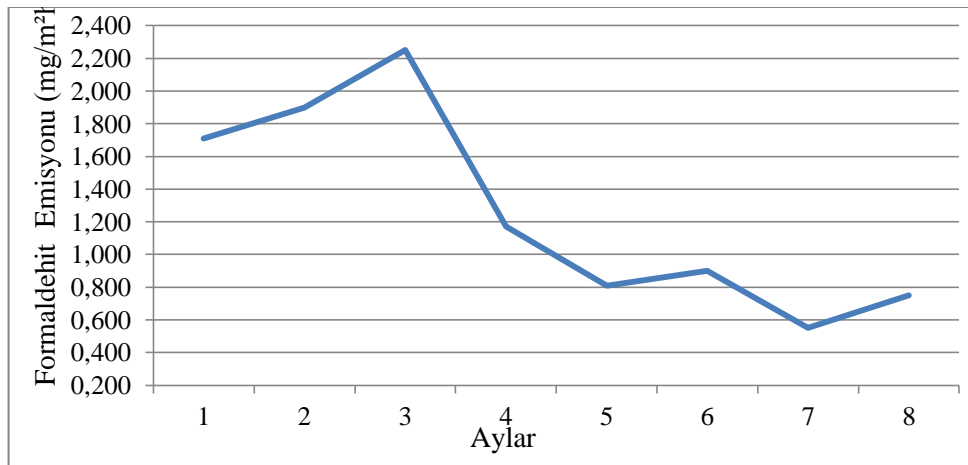
Çizelge 3.16’da melamin kaplı lif levhada formaldehit emisyonları ve deney esnasındaki rutubet miktarları verilmektedir. Bu deneye ocak ayında başlanmış ve ekim ayına kadar aylık periyotlar olmak üzere aynı levhadan kesilen farklı numuneler üzerinde 8 ölçüm yapılmıştır. 1. ayda ilk yapılan ölçümde 1,700 mg/m²h’ lik bir değer elde edilmiştir. 2. ve 3. aylarda formaldehit emisyon değeri hızlı bir artış göstermiş ve 2,200 mg/m²h’ lik bir değere ulaşmıştır. Zamanla azalma eğilimi gösteren formaldehit emisyonu 5. ayda 0,810 mg/m²h değerine düşmüştür. Düşme seyrinde olan formaldehit

emisyon değerinde 6. ayda ani bir yükseliş tespit edilmiştir. 7. ayda 0,550 mg/m²h' lük bir değere düşmüştür.

Çizelge 3.16. Melamin kaplı lif levhaların gaz analiz deneylerindeki rutubet miktarı ve emisyon değerleri

Aylar	Rutubet Miktarı (%)	Formaldehit Emisyon Değerleri(mg/m ² h)
Kasım	6,0	1,710
Aralık	6,4	1,900
Ocak	6,4	2,250
Şubat	6,2	1,170
Mart	6,1	0,810
Nisan	6,6	0,900
Mayıs	6,1	0,550
Haziran	6,3	0,750

Şekil 3.6'da melamin kaplı lif levhaların emisyon değerleri verilmektedir. Formaldehit emisyonu birinci ölçümde 1,700 mg/m²h civarında iken ikinci ve üçüncü ölçümlerde numunenin sıcaklık, nem, hava sirkülasyonu ve diğer numunelerden etkilenmesi gibi depolama koşullarına bağlı olarak 2,200 mg/m²h' e kadar çıktığı ölçülmüştür. İlerleyen zamanlarda emisyonun normal azalma seyrine geçtiği her ne kadar artma olsa da düşük seviyelerde kaldığı ölçülmüştür.



Şekil 3.6. Melamin kaplı lif levhalarda gaz analiz metoduna göre emisyon değerleri

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, melamin kaplı, PVC kaplı, boya ile kaplanmış ve ham olmak üzere farklı yüzey kaplama çeşidine göre yonga levha, lif levha ve kontrplak levhalarının oda metodu ve gaz analiz metoduna göre formaldehit emisyonları belirlenmiş ve ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Oda metoduna göre formaldehit emisyonu en düşük değerini boyalı yonga levha ve boyalı kontrplak numunelerinde tespit edilmiştir. PVC kaplı numunelerde en düşük formaldehit emisyonu ortalaması sırası ile lif levhada, yonga levhada ve kontrplakta bulunmuştur. Melamin kaplı levhalarda ise en düşük formaldehit emisyonu ortalaması sırası ile yonga levhada, kontrplakta ve lif levhada bulunmuştur. Kaplanmamış levhalarda ise formaldehit emisyonu ortalaması sırası ile en düşük kontrplakta, yonga levhada ve lif levhada bulunmuştur. Deneye tabi tutulan bütün levha grupları TS EN 13986 standardına göre formaldehit sınıfı E1'dir ($E1 \leq 0,124 \text{mg/m}^3$). Literatürde de yakın zamanda yapılan benzer çalışmalarda da lif levhada meydana gelen formaldehit emisyonu, yonga levhadan ve kontrplakta fazla olduğu belirtilmiştir (Zelunuc O. ve Beldean E. 2013), (Salem ve diğ. 2011), (Park ve diğ. 2011), (Que ve diğ. 2013). Kaplanmış numunelerin (melamin, PVC ve boyalı) formaldehit emisyon sınıfları E1 çıkmıştır ama en düşük değeri boyalı levhalardan elde edilmiştir. Geçmişte yapılan diğer çalışmalarda da (Salem ve diğ. 2011), (Wittmann O. 1989), (Nemli ve Kalaycıoğlu 1999), (Kim S. 2010) yüzey kaplamasını formaldehit emisyonunu azalttığını belirtmişlerdir.

Gaz analiz metoduna göre formaldehit emisyonu en düşük ortalama değeri boyalı levhalarda sırası ile yonga levhada, kontrplakta ve lif levhada bulunmuştur. PVC kaplı levhalarda sırası ile en düşük ortama değerleri yonga levha, lif levha ve kontrplakta bulunmuştur. Melamin kaplı levhalarda en düşük değeri yonga levhada, kontrplakta ve lif levhada bulunmuştur. Kaplanmamış levhalarda ise en düşük değeri kontrplakta, yonga levhada ve lif levhada bulunmuştur. Kaplanmamış levhalarda TS EN 13986 standardına göre formaldehit sınıfları kontrplakta E1 ($E1 \leq 3,5 \text{mg/m}^2\text{h}$), yonga ve lif levha ise E2 ($3,5 < E2 \leq 8 \text{mg/m}^2\text{h}$) bulunmuştur. Kaplanmış numunelerin (melamin, PVC ve boyalı) formaldehit emisyon sınıfları E1 çıkmıştır ve oda metodunda olduğu gibi en düşük değeri boyalı levhalardan elde edilmiştir. Park ve diğ. (2013) en düşük formaldehit emisyonunun PVC kaplı levhalarda meydana geldiğini belirtmişlerdir. Park

ve diğ. (2011) yaptıkları diğ. çalışmada da en düşük formaldehit emisyonunun UV ile boyanmış lif levhalarda meydana geldiğini belirtmişlerdir. Salem ve diğ. (2011), (2013) fenol formaldehit ile üretilen kontrplak numunelerinde düşük emisyon değerleri tespit etmişlerdir. Que ve diğ.(2013) yaptıkları çalışmada ise üre formaldehit tutkalı ile üretilen lif levha, yonga levha ve kontrplak numunelerinden en düşük emisyon değerini yonga levhada tespit etmişlerdir. Formaldehit emisyonunu levha üretim tekniklerinden (tutkal reçetesi, pres süresi) etkilendiğini söyleyebiliriz. Kullanılan deney numuneleri farklı firmalardan temin edildiğinden dolayı aynı levha türlerinde dahi formaldehit emisyonu farklılık göstermiştir. Oda ve gaz analiz metotlarında boyalı yonga levha ve kontrplak numunelerinin formaldehit emisyonlarının düşük çıkmasının rutubetlerinin de düşük olduğunda dolayı olduğunu söyleyebiliriz. Yapılan çalışmalarda da rutubet miktarının düşük olduğunda emisyonun da düşük olduğu belirtilmiştir (Boran S. 2010). Yonga levhaların yoğunluğu lif levhaya göre daha düşük olduğu için formaldehit emisyonunun da bu nedenden dolayı düşük çıktığını söyleyebiliriz.

Melamin kaplı lif ve yonga levhaların zaman içerisinde formaldehit emisyonu değişimi ise şöyledir; oda metoduna göre melamin kaplı yonga ve lif levhaların, sabit deney odası şartlarında formaldehit emisyonunun 10. ölçümde içerisinde denge durumuna geldiği fakat emisyonun bitmediği düşük değerlerde devam ettiği tespit edilmiştir. Numuneler deneyler sonucunda TS EN 13986 standardına göre formaldehit emisyon sınıfı E1'dir ($\leq 0,124 \text{ mg/m}^3$).

Gaz analiz metoduna göre de 3. aydan itibaren emisyonun azaldığı 7. ayda min. seviyelere geldiği tespit edilmiştir. Bu metoda göre deneyler sonucunda melamin kaplı yonga ve lif levhaların, formaldehit emisyonlarının zamanla azaldığı tespit edilmiştir. Ancak her iki numune türü için 2. ve 6. aylarda ani yükselişler görülmüştür. Değerlerdeki bu dönemsel yükselişlerin deney numunelerinin depolama şartlarından olduğu tahmin edilmektedir. Numuneler deneyler sonucunda TS EN 13986 standardına göre formaldehit emisyon sınıfı E1'dir ($\leq 3,5 \text{ mg/m}^2\text{h}$). Böhm ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada da formaldehit emisyonunun üretiminden bir hafta sonra çok fazla olduğunu ve iki hafta sonra emisyonun azalmaya başladığını tespit etmişlerdir.

Kaplanmamış ahşap esaslı levhaların iç mekanda kullanılmamasına dikkat edilmelidir. İç mekanda kullanım yerine göre uygun yüzey kaplamalı mobilya tercih edilmelidir.

Buna göre boyanmış yonga levha ve kontrplak düşük formaldehit emisyonundan dolayı, iç mekânda kullanılacak mobilyaların yapımında tercih edilmesi sağlık açısından önemlidir.

Ülkemizde daha önce TS EN 717- 1 ve TS EN 717-2 metodunu kullanılarak formaldehit emisyonu üzerine yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Bugüne kadar yapılan tüm çalışmalarda TS 4894 EN 120 metodu kullanılmıştır. Bu metotta ahşap esaslı levhaların formaldehit emisyonunu değil formaldehit miktarını belirlemeye yönelik kullanılan bir metottur.

İnsan sağlığı açısından ciddi tehlikeler oluşturan formaldehit emisyonunu konusunda daha detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Levha üretiminde kullanılan içeriklerin reçetesinin yanında kullanım alanlarındaki sıcaklık, rutubet ve hava akım hızları gibi faktörler de emisyon miktarını etkilediği bilinmektedir (Que Z. Ve Furuno T. 2007). Dolayısıyla sonraki çalışmalarda ülkemizin bölgelere göre formaldehit emisyon haritası çıkarılmalı, tüm levha türleri ve levha kalınlıkları arasındaki emisyon değerleri ortam şartlarına göre incelenmelidir. Bunun yanında ülkemizde ciddi yasal düzenlemelerin yapılması önerilmektedir. Ülkemizde Türk Standardları Enstitüsü 2013 yılından itibaren E1 ve 2014 yılından itibaren E0 belgeleri vermektedir. Bu belge de zorunluluk değil firma isteği ile verilmektedir. Ülkemizde maalesef böyle bir yasal düzenleme yoktur ve bu düzenlemelerin ivedilikle yürürlüğe sokulması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

Akkılıç H., Farklı yüzey malzemeleri ile kaplanmış yonga levhalarda teknolojik özelliklerinin karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, (1998).

Aksakal F. N., Acar Vaizoğlu S., Güler Ç., Mobilyalardaki kimyasallar ve sağlık etkileri, *Sürekli Tıp Eğitim Dergisi*, cilt 14, sayı 12 (2005) 268-272.

Alyüz B., Veli S. İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri, *Trakya J Sci*, 7(2) (2006) 109-116.

Anonim1, http://tobb.org.tr/Documents/yayinler/2012/Orman%20Urunler%20Rapor_2011.pdf (Erişim tarihi: 10 Eylül 2013).

Anonim2, <http://turkishwood.org.tr/TR,116/kontrplak-sektör-raporu.html> (Erişim tarihi: 01 Aralık 2014).

Ayrılmış N., MDF'nin teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, (2000).

Bardak T., Farklı büyüme kusurlarının kontrplak ve yonga levhanın bazı teknolojik özellikleri üzerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, (2010).

Boran S., Orta yoğunlukta lif levha üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkalına farklı kimyasal maddeler ilave edilerek serbest formaldehit içeriğinin azaltılması, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, (2010).

Böhm M., Salem M. Z. M., Srba J., Formaldeyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring product manufactured for building and furnishing materials, *Journal of Hazardous Materials*, 221-222 (2012) 68-79.

Budakçı M., Akkuş M., Bazı ahşap esaslı levhalarda kaplama yapışma direncinin belirlenmesi, *International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, (2011).

Candan Z., Bazı üretim değişkenlerinin MDF'nin dikey yoğunluk profili ve teknolojik özellikleri üzerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, (2007).

Çolakoğlu G., Kontrplak üretim şartlarının formaldehit emisyonu ve teknik özelliklere etkisi, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, (1993).

Dayanıklıoğlu S., Türkiye’de lif levha ve yonga levha sektörünün durumu Avrupa birliği ülkeleriyle karşılaştırılması problemleri ve çözüm yolları, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, (2004).

Gedik T., Orta yoğunlukta lif levha üretiminde kalite kontrol, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, (2005).

Guezguez B., Irle M., Belloncle C. Substitution of formaldeyhde based adhesives with soy based adhesives in productions of low formaldeyhde emission wood based panels. Part 1- plywood, *International Wood Product Journal*, 4 (2013) 30-32.

JIS A 1460, Building boards determination of formaldehyde emission-desicator method, *Japan Standard*, (2001).

ISO 16000-10, Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing- emission test cell method, *International Standard*, (2006).

Kim S., Control of formaldehyde and TVOC emission from wood based flooring composites at various manufacturing processes by surface finishing, *Journal of Hazardous Materials*, 176 (2010) 14-19.

Khamwichit W., Sanongraj W., Quantity of formaldehyde in particalboards, *Advanced Materials Researc*, 931-932 (2014) 665-670.

Kurtoğlu A., Uçar G., Türkiye’de üretilen yonga levhalardan formaldehit ayrışması, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, seri B, cilt 36, sayı 1 (1986).

Leungprasert S. Fate of formaldehyde in medium density fibreboard sawdust during municipal solid waste camposting, *A Thesis of Doctor*, the University of Guelph, (2003).

Marutzky R., Mehlhorn L., Menzel W., Verminderung der formaldehyd- emission von möbeln, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 39 (1981) 7-10.

Martinez E., Belanche M. I., Influence of veneer wood species on plywood formaldehyde emission and content, *Holz als Roh- und Werkstoffe*, 58 (2000) 31-34.

Nemli G., Melamin emdirilmiş kağıtlarla kaplamanın yonga levha teknik özelliklerine etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, (1995).

Nemli G., Kalaycıoğlu H., Melamin emdirilmiş kağıtlarla kaplamanın yonga levha teknik özelliklerine etkileri, *TR. J. Of Agriculture and Forestry*, 23 (1999) 25-31.

No Y. B., Low level melamine modified ürea formaldehyde resin binders for particleboard, *Dissertation of Doctor*, Mississippi State University, (2002).

Que Z., Furuno T., Formaldehyde emission from wood based products relationship between the values by the chamber method and those by the desiccator test, *Wood Sci Technol*, 41 (2007) 267-279.

Que Z. L., Wang F. B., Li J. Z., Furuno T., Assessment on emission of volatile organic compounds and formaldehyde from building materials, *Compositess: Part B*, 49 (2013) 36-42.

Que Z. L., Wang F. B., Ma L. F., Furuno T., Effect of loading, conditioning tiime and air exchange rate on the formaldehyde emission from wood based board using large chamber and desiccator method, *Compositess: Part B*, 47 (2013) 278-282.

Park B. D., Kang E. C., Park S. B., Park J. Y., Empirical correlations between test methods of measuring formaldehyde emission of plywoodi particalboard and medium density fiberboard, *Eur. J. Wood Prod*, 69, (2011) 311-316.

Park Y. C., Choi H. C., Lee H. J., Kim S., Park W. K., Cho H J., Evalution of formaldehyde emissions and combustion behaviors of wood based composites subjected to different surface finishing methods, *Bio Resources*, 8(4) (2013) 5515-5523.

Park J. Y., Lee S. M., Park B. D., Lim J. Y., Jang S. G., Kim S., Effect of surface laminate type on the emission of volatile organic compounds from wood based composite panels, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 27, (2013), 620-631.

TUİK, http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=1066 (Erişim tarihi: 02 Aralık 2014).

TS 2128 EN 313-2, Kontrplak- sınıflandırma ve terimler- bölüm 2: Terimler, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2005)

TS 4894 EN 120, Ahşap esaslı levhalar-formaldehit miktarının tayini- ekstraksiyon metodu ile formaldehit ayırma, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS EN 717-1, Ahşap esaslı levhalar-formaldehit salınımının tayini-bölüm1: oda metodu ile formaldehit ayayılması, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2006).

TS EN 717-2, Ahşap esaslı levhalar-formaldehit ayrışması tayini-bölüm2: gaz analiz metodu ile formaldehit ayrışması, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS EN 717-3, Ahşap esaslı levhalar-formaldehit ayrışması tayini-bölüm3: şişe metodu ile formaldehit ayrışması, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS EN 14322, Ahşap esaslı levhalar- iç mekan kullanımları için melamin yüzü levhalar- tarifler, gerekler ve sınıflandırmabirim hacim ağırlığı tayini, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2006).

TS EN 13986, Yapılarda kullanılan ahşap esaslı levhalar-karakteristikler, uygunluğun değerlendirilmesi ve işaretleme, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2007).

TS EN 322, Ahşap esaslı levhalar-rutubet miktarının tayini, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS EN 323, Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığı tayini, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS EN 316, Odundan mamul lif levhalar- tarifler, sınıflandırma ve sembolleri, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2011).

TS EN 309, Yonga levhalar- tarifler ve sınıflandırma, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2008).

Salem M. Z.M., Böhm M., Srba J. Evaluation of mechanical properties and formaldeyde emission of plywood manufactured for construction applications, *Drvna Industrija*, 64 (2013) 87-93.

Salem Z. M., Böhm M., Berankova J., Srba J., Effect of some manufacturing variables on formaldehyde release from particleboard: relationship between different test methods, *Building and Environment*, 46 (2011) 1946-1953.

Salem Z.M., Böhm M., Barcik S., Berankova J., Formaldehyde emission from wood based panels bonded with different formaldehyde based resins, *Drvna Industrija*, vol 62, issue 3 (2011) 177-183

Salman S., Levha sanayii sektör raporu, *T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel sekreterliği*, Ankara, (2001).

Salthammer T., Mnetşe S., Marutzky R. Formaldehyde in the indoor environment, *Chemical Reviews*, (2010) 2536-2572.

Sundman M. R., Larsen A., Vestin E., Weibull A., Formaldehyde emission-comparison of different standard methods, *Atmospheric Environment*, 41 (2007), 3193-3202.

Şahin H.T., Filiz M., Sütçü A., Usta P., Çiçekler M., Bozkurt C., Ahşap esaslı malzemelerden formaldehit emisyonu ve etkileri, *Laminart* (2011) 116-119.

URL-1, <http://www.turkuazdecor.com> (Erişim tarihi: 25 Ekim 2014).

URL-2, <http://www.lakeboya.com> (Erişim tarihi: 25 Ekim 2014).

URL-3, <http://www.chimarhellas.com/rd/publications-4/> (Erişim tarihi: 15 Eylül 2013).

URL-4, <http://www.wki.fraunhofer.de/de/leistung/vst/projekte/minderung-HCHO-holzwerkstoffe.html> (Erişim tarihi: 10 Mart 2014).

Ünsaldı E., Çiftçi M.K., Formaldehit kullanım alanları risk grubu zararlı etkileri ve koruyucu önlemler, *YYU Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(1) (2010) 71-75.

Vaizoğlu S.A., Tekbaş F., Evcı D., Kapalı ortam hava kalitesi sağlığa etkisi, *Sürekli Tıp Eğitim Dergisi*, cilt 9, sayı 10, (2000).

Wittmann O., Formaldehydemission bei der Herstellung und Verarbeitung von Kurztafelfilmen auf der Basis von Aminoplasten, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 47, (1989) 227-233.

Zeleniuc O., Beldean E., Formaldehyde emission from wood based panels an environmental issue, *Pro Ligno*, online Issn 2069-7430, vol 9, no 4 (2013) 498-503.

Zengin H., Yonga levha ve lif levha endüstrisinde odun hammaddesi sağlanması sorunları ve çözüm yolları, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, (2010).

6. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜNDÜZ Murat
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 06.03.1981 Yozgat
Telefon : 02627231464
Faks : 02627231615
E-posta : mgunduz@tse.org.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
1.Lisans	İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği	2003
2.Lisans	Viyana Boden Kultur Üniversitesi Doğal Lif Teknolojileri	2006
Lise	Akdağmadeni Lisesi	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1998-2003	Gıda sektörü	Kendi işi
2010- 2011	Gıda sektörü	Kendi işi
2011-	Türk Standardları Enstitüsü	Mühendis

Yabancı Dil

Almanca (KPDS :75)