

# MOBİLYA ÜRETİMİNDE KULLANILAN PANELLERDEN SALINAN FORMALDEHİT EMİSYONU VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

**İsmail ÖZLÜSOYLUa, Abdullah İSTEKa**

a, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü,  
Bartın/TÜRKİYE, iozlusoylu@bartin.edu.tr

## Özet

Panel mobilya üretiminde çoğunlukla yonga levha ve lif levha gibi ahşap esaslı levha ürünleri kullanılmaktadır. Bu levhalar genellikle üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilmektedir. Üre formaldehit ile üretilen panel ve mobilyaların neden olduğu emisyon özellikle kapalı ortamlarda insan sağlığı açısından ciddi riskler oluşturmaktadır. Formaldehit emisyonu, maruz kalınan konsantrasyona bağlı olarak deri, göz ve solunum yollarında ciddi alerjik reaksiyonlardan, kansere kadar varabilen hastalıklara neden olabilmektedir. Bu emisyonun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması için ahşap esaslı levhalardan salınan emisyon miktarlarına belli sınırlamalar getirilmiş olup, son yıllarda birçok ülkede bu sınırlara uyulması yasal yaptırımlarla desteklenmeye başlanmıştır. Bu çalışmada mobilya üretiminde kullanılan ahşap esaslı levhalardan salınan formaldehit emisyonu ve insan sağlığı üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Mobilya, emisyon, formaldehit, ahşap esaslı levhalar.

## FORMALDEHYDE EMISSION AND ITS EFFECT ON HUMAN HEALTH RELEASED FROM PANELS USED IN FURNITURE PRODUCTION

### Abstract

In furniture production, usually wood based panel products are used such as particleboard and fiberboard. The boards are usually produced by using urea formaldehyde resins. Emissions caused by the panels and furniture manufactured with urea formaldehyde, especially in indoor environments can cause serious harm to human health. Formaldehyde emission may cause disease like severe allergic reaction of skin, eye and respiratory tract up to cancer depending on the exposure concentration. There are certain requirements and

legal limitations at free formaldehyde emission from wood based panels for reduce to negative effect of human health also these limitations supported by legal codes. In this study, formaldehyde emissions from wood based panels used in the production of furniture were evaluated and their effects on human health were presented.

**Key words:** Furniture, emission, formaldehyde, wood based panels

## 1. Giriş

Günümüzde panel mobilya ürünleri çeşitli kullanım yerlerinde, farklı amaçlarla kullanılabilir. Ev ve iş yeri gibi ortamlarda, mutfak, banyo, dolap ve diğer mekânlarda kullanılan mobilya ürünlerinin üretiminde ağırlıklı olarak ahşap esaslı levha ürünleri tercih edilmektedir. Masif malzemeye alternatif olarak üretilen ahşap esaslı malzemeler, hem ekonomiklik hem de çeşitli teknik üstünlüklerinden dolayı bazı avantajlar sağlamaktadır.

Mevcut piyasa şartlarına bakıldığında, ağaç işleme ve mobilya sektöründe gelişen teknoloji ve insanların yaşam standartlarının yükselmesiyle, yüksek üretim kapasitesini karşılamak için panel levha endüstrisine yönelim çok ciddi anlamda artmıştır. Yonga levha, orta yoğunlukta lif levha (MDF), kontrplak ve yönlendirilmiş yonga levha (OSB) gibi ürünlerin üretimleri 1990 yılından itibaren yoğun bir artış göstermektedir. Ahşap esaslı levhaların tercih edilme sebebi başında işleminin kolay olması, ekonomik ve istenilen renk ve desende temin edilebilmesi sayılabilir. Ayrıca, piyasada bulunan yüksek miktardaki ihtiyacı seri üretim ve homojen yapılarıyla kolaylıkla karşılayabilmesi, kolay ve hızlı şekilde homojen ve yüksek standartlarda üretilmesi, masif odunda görülen odun kusurları, üç boyutta farklı çalışma, direnç değerlerinde farklılıklar, iç gerilmeler ve buna benzer fiziksel değişimler gibi sorunlarla nispeten karşılaşılması olarak sıralanabilir [1]. Bunların yanında levha ürünlerinin yüzeylerinin istenilen özelliği ve estetiği sağlayacak şekilde kaplanabilmesi ve tasarım açısından çeşitlilik sağlaması da tercih sebepleri arasında gösterilebilir. Panel mobilya üretiminde kullanılan bu levha ürünlerinin büyük çoğunluğu formaldehit esaslı tutkallarla üretilmektedir. Üre formaldehit (ÜF), melamin formaldehit

(MF) ve fenol formaldehit (FF) gibi sentetik bağlayıcılarla üretilen levha ürünlerinin özellikle iç ortamlarda kullanılması sonucu formaldehit emisyonu salınımı oluşmaktadır. Bu durum ortamdaki hava kalitesinin düşmesine ve insan sağlığı bakımından önemli sorunlara neden olabilmektedir. Nihai kullanıcıların karşı karşıya kaldığı bu riskin yanında, ahşap esaslı levha ürünlerinin üretildiği ortamlarda çalışanların maruz kaldığı emisyon da daha ciddi riskler ortaya çıkarmaktadır. Bu maruziyet üretimin belli aşamalarında daha yoğun şekilde ortaya çıkmaktadır. Formaldehit emisyonu insan sağlığını maruz kalış şekli, ortamdaki konsantrasyonu ve maruz kalma süresine gibi faktörlere bağlı olarak etkilemektedir. Formaldehitin insanlar üzerinde, bağışıklık sistemini zayıflatıcı, kanseri tetikleyici, deri, göz ve solunum sisteminde ciddi alerjik reaksiyonlara sebep olabilen olumsuz etkileri vardır. Dünya sağlık örgütü formaldehiti kansere sebep olabilen madde sınıfından, kanserojen madde sınıfına dahil etmiştir [2].

İç ortamdaki hava kalitesinin iyileştirilmesi konusunda endişe ve baskıların artmasından dolayı yapı materyalleri, mobilyalar ve iç ortamlarda emisyona neden olabilecek diğer materyallerden yayılan emisyon tipleri ve miktarlarıyla ilgili bilgiler, binalarda yaşayanların, ürün imalatçıların, yapı tasarımcılarının, müteahhitlerin, düzenleyici kuruluşların, genel halk sağlığı ajanslarının formaldehit içerikli ürünlerin kullanımını hakkında karar almalarına ve tavsiyeler sunmalarına olanak sağlayacaktır [3].

Odun esaslı ürünlerden yayılan formaldehit emisyonu yaşam alanlarında insan sağlığını tehdit eden en önemli formaldehit kaynağıdır. İnsanlar, bu ürünlerin üretiminden, bitirme işlemlerine kadar devamında da nihai kullanıcı olarak özellikle iç ortamlarda formaldehit emisyonunun olumsuz etkileri ile karşı karşıya kalmaktadır. Emisyon salınımı, özellikle değişken sıcaklık ve bağıl nem koşullarında levha ürününün üretimden sonra da uzun süreler devam edebilmektedir. Bu sebeplerle formaldehit içeren bağlayıcılarla üretilen odun esaslı levhaların ortama bırakacakları formaldehit emisyonlarına belli sınırlamalar getirilerek emisyon değer sınıfları oluşturulmuş ve sınırlamalar yasal yaptırımlarla güvence altına alınmaya başlanmıştır. Üretilen levha ürünlerinin formaldehit içeriği standartlarda belirtilen yöntemlerle ölçüldükten sonra, hangi emisyon sınıfına ait olduğu belirtilmeli ve kullanım

yerinde buna göre değerlendirilmelidir. Uygulanması zorunlu emisyon standartlarının hayata geçirilmesi ve sağlık konusunda endişelerin artmasıyla üretici ve tüketiciler daha bilinçli hale gelmiş ve ahşap esaslı levha ürünlerinde emisyon değerleri yıldan yıla azalma göstermiştir. Ancak nihai kullanıcılar ve formaldehit esaslı ürünlerin üretiminde çalışanlar hala bazı hastalık ve kanser riskleriyle karşı karşıya kalabilmektedir.

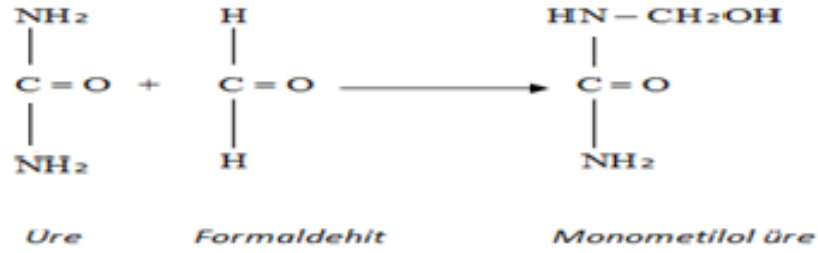
Mevcut durum, araştırmacıların direnç özellikleri bakımından yeterli değerleri veren, aynı zamanda da formaldehit emisyonu azaltılmış levha üretimine yönelik çalışmalara yoğunlaşmasına sebep olmuş ve bu amaçla alternatif bağlayıcılar, tutkal türleri ve karışımlarının kullanılması konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada panel mobilya üretiminde kullanılan ahşap esaslı panellerden salınan formaldehit emisyonunun oluşumu ve insan sağlığı üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

## **2. Ahşap Esaslı Levhalarda Formaldehit Emisyonu**

Ahşap esaslı levha (panel) ürünleri günümüzde birçok kullanım yerinde yarı mamul ve mamul olarak hizmet vermektedir. Bu ürünlerin fiziksel ve mekanik özellikleri hammadde ve üretim parametrelerine bağlıdır. Ancak üretimde kullanılan tutkal cinsi ve miktarı levha özelliklerini etkileyen en önemli faktördür. Günümüzde ahşap esaslı panel üretiminde en fazla kullanılan tutkal grubu formaldehit esaslı sentetik tutkallardır. Bu tutkallardan özellikle üre formaldehit (ÜF) tutkalı birçok avantajı sayesinde ön plana çıkmaktadır. Dünya levha üretiminin yaklaşık %90'ı ÜF tutkalı ile yapılmaktadır [4].

En iyi bilinen amino reçinelerinden olan ÜF reçineleri düşük maliyet, farklı sertleşme koşulları altında kullanılabilmesi, sıcak preste hızlı reaksiyonu, suda çözünebilir olması, düşük sertleşme sıcaklığı, mikroorganizmalara, aşınmaya karşı dirençli ve renksiz olması, iyi termal özellikleri ve diğer tutkallarla kıyaslandığında kısa sürede sertleşmesi gibi birçok avantaja sahiptir. ÜF reçinelerinin en büyük dezavantajı ise bağlayıcı madde olarak kullanıldıklarında sertleşme süresince çevreye formaldehit yaymalarıdır [5].

Formaldehit amino reçineli tutkallarla bağlanmış yonga levha, lif levha ve diğer odun esaslı levhaların üretim ve kullanım süresince salınır. Odun esaslı levhalardaki formaldehit salınımı nem, hava değişimi ve sıcaklık gibi dış faktörler ve hammadde türü, reçine tip, üretim koşulları gibi iç faktörler tarafından etkilenir [6].



Şekil 1- Üre ile formaldehitin reaksiyonu sonucu monometilol üre oluşumu [6].

Odun esaslı levhaların üretiminde, levha taslağının gerek sıcak presleme sırasında tamamlanmamış kondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşan metilol üre yapıları arasında ve gerekse de polimerleşen tutkal ile odunu oluşturan lif yüzeylerindeki karbonhidratların 6'nolu karbondaki OH, halka oksijeni ve köprü oksijeni arasındaki bağların varlığı nedeniyle ya sadece su ya da su ile formaldehit açığa çıkaracaktır [7]. Serbest formaldehit iki şekilde açığa çıkmaktadır; birincisi sıcak pres sırasında üre ile reaksiyona girmeyen ve üretimden hemen sonra ortaya çıkan levha yapısında var olan serbest formaldehit, diğeri ise özellikle kullanım yerinde sıcaklık ve rutubet etkisi sonucu metil-eter bağlarının kopmasıyla açığa çıkan serbest formaldehittir [6]. Formaldehit emisyonuna neden olan gaz, levha içinde hapsolmuş şekilde bulunabileceği gibi, levhadaki su içinde çözülmüş halde de bulunabilir [8]. Levhalardan salınan bu emisyonlar özellikle iç ortamlarda hava kalitesini azaltarak nihai kullanıcıların sağlığını ciddi şekilde tehdit etmektedir. Bu nedenle levha ürünleri ortama yaydıkları serbest formaldehit miktarlarına göre belli sınıflara ayrılmıştır. Böylece insanların buldukları ortamlarda formaldehit emisyonuna en az düzeyde maruz kalması amaçlanmaktadır. Odun esaslı levhaların formaldehit emisyonunu azaltma metotları olarak; formaldehit oranını azaltmaya yönelik özel tutkal reçeteleri, ÜF tutkalına üre ilavesi, formaldehit tutucu kimyasalların kullanımı gibi kondenzasyon teknikleri ile

levha üretimi sonrası yapılan yüzey işlemleri kullanılabilir [9]. Bunların dışında alternatif hammadde ve tutkal türlerinin kullanımına yönelik araştırmalar bulunmaktadır. Formaldehit emisyonundan kaynaklanan sorunların çözümü üzerine birçok çalışma yapılmış ve çözüm alternatifleri olarak;

- Tutkal reçetelerindeki üre/fenol mol oranlarını değiştirmek,
- Kimyasal tutucular (üre, kondenze tanen, üre, amin, amonyak, melamin ve siyanogüinidin ) ilave etmek,
- Yeni tutkal formülasyonları geliştirmek,
- Alternatif tutkalların (FF, polimerik izosiyanat(PMDI))endüstriyel uygulamaya alınması,
- Biokütle ürünleri veya yan ürün esaslı tutkalların (soya, tanen, lignin) kullanımı,
- Nanoteknoloji ve plazma uygulamaları gibi çözümler sunulmaktadır.

Yapılan çalışmalar sonucunda emisyon değerlerini nispeten azaltan ve standartlarda belirtilen sınırlar arasında levha ürünleri üretme potansiyeli olan sonuçlar elde edilse de bu önerilerin endüstriyel anlamda ekonomik olarak uygulanması gerçekleşmemiştir. Dolayısıyla, ahşap esaslı levha üretiminde özellikle ÜF tutkalının kullanımından kaynaklanan insan sağlığına zararlı formaldehit emisyonu gündemdeki yerini hala sürdürmektedir.

### **3. Formaldehit Emisyonu ve Düzenlemeler**

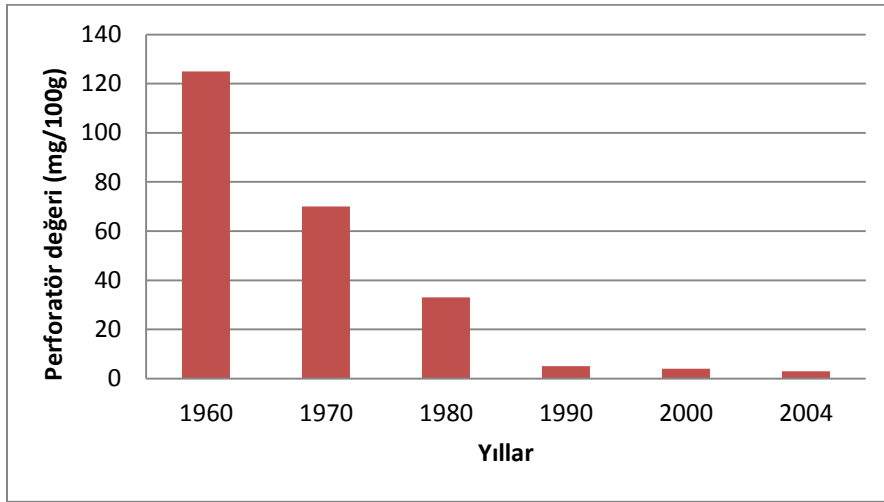
Formaldehit emisyonu sorunu özellikle odun esaslı levhalar açısından on yıllar içerisinde giderek artan oranlarda önemli bir konu haline gelmiştir. Bu sorunun çözümü üzerinde yapılan birçok çalışma ve tartışma sonucunda formaldehit emisyonunun özellikle kapalı ortamlarda insan sağlığı için ciddi riskler oluşturduğu ve azaltılması gerekliliği varılan ortak sonuç olmuştur. Bu sorunun çözümü amacıyla odun esaslı levhaların üretiminde emisyon sınıfları belirlenmiş ve üretimler bu emisyon sınıflarının sınır değerlerine uygun olarak yapılmaya başlanmıştır.

Emisyon değerleri üretimde kullanılan tutkalın serbest formaldehit içeriğini belirtecek şekilde E0, E1 ve E2 olarak isimlendirilmektedir. Günümüzde üretilen levha ürünlerinin birçoğu E1 sınıfına göre üretilmekle birlikte, E0 ve E1 plus gibi daha az formaldehit emisyonuna neden olan tutkal türlerine doğru bir geçiş söz konusudur. Avrupa için EN 13986 standardında yer alan EN 120 perforatör yöntemine göre E1 emisyon sınır değeri yonga levha ve MDF gibi odun esaslı levhalarda 8mg/100g olup, bu değerin üstündeki levhalar E2 sınıfında yer almaktadır. EN717-1 kabin metoduna göre ise E1 sınıfı emisyon sınır değeri 0,1 ppm dir [7].

Ahşap odun panellerinden açığa çıkan formaldehit emisyonunun kaynağı ÜF tutkalı kullanımı ile ilgilidir. Bu tutkalın yüksek reaktifliği ve düşük fiyatı ile kullanımının yaygın olması sonucu olarak, reaksiyona girmemiş serbest formaldehit varlığı ve hidrolize karşı direncinin düşük olması formaldehit emisyonuna neden olmaktadır [7]. Dünya sağlık örgütü bünyesinde bulunan uluslararası kanser araştırmaları kurumu 2004 yılında formaldehitin kansere sebep olabilen (Grup2A) sınıftan, insanlar için kanserojen sınıfa (Grup1) dahil edilmesini tavsiye etmiş ve 2006 yılında da formaldehit insanlar için kanserojen sınıfa dahil edilmiştir. Benzer şekilde Avrupa birliğinde de şüpheli kanserojen (cat2) sınıfından, 2015 yılı ortasında insanlar için kanserojen kabul edilen (farzedilen) sınıfa geçmesi öngörülmüştür. Amerika'da ise formaldehit için Çevre Koruma Kurumu (EPA) 'nun geçerli sınıflandırması insanlar için muhtemel kanserojen sınıfı (B1) şeklindedir [10].

Finlandiya, Danimarka ve Almanya gibi farklı Avrupa ülkelerinde yapı ürünlerinden kaynaklanan iç ortam emisyonlarını azaltmak için etiketleme düzenlemeleri geliştirilmiştir. Bazı Avrupa Birliği ülkeleri, aynı zamanda yapı ürünlerinden salınan uçucu organik bileşiklerin (VOC) emisyonları üzerinde baskı oluşturma zorunluluğu olduğuna karar vermiştir. Örneğin Almanya 'da döşeme malzemesinden kaynaklanan emisyonlar Yapı Ürünlerinin Sağlık Açısından Değerlendirilme Komitesi (AgBB) planına göre değerlendirilmektedir. Benzer şekilde Kaliforniya Hava Düzenleme Kurulu (CARB) olmak üzere birçok çevre kuruluğu odun esaslı ürünlerden salınan formaldehitin azaltılmasına yönelik baskı oluşurmaktadır [10].

Formaldehit emisyonu ile ilgili Avrupa'daki düzenlemeler 1980'de bazı Avrupa ülkelerinin yonga levha ürünlerindeki formaldehit emisyonları için düzenlemeler getirmesiyle başlamıştır. 1985'den itibaren odun esaslı paneller için E1 emisyon sınıfı (levhalarda 0,1ppm) Avusturya, Danimarka, Almanya, İsveç ve bazı diğer Avrupa ülkelerinde zorunlu hale gelmiştir. 2004'ten itibaren ise E1 ve E2 sınıfları EN 13986 Avrupa standardına yerleşmiş, yapılarda formaldehit içerikli materyaller, özellikle tutkallar için E1 ve E2 sınıflandırılması ürün prosesinin bir parçası haline gelmiştir. 2006 'da E1 emisyon sınıfı Avrupa Panel Federasyonu (EPF) üyeleri için zorunlu hale gelmiştir [11].Şekil 2'de 1960 ile 2004 yılları arasında EN 120 'ye göre perforatör değerindeki değişim görülmektedir.



Şekil 2- EN 120'ye göre son 50 yıldaki perforatör değeri değişimi

Şekil'2 ye göre son 50 yılda odun esaslı levhalardaki emisyon değeri 120mg/100g'dan, 5mg/100g'ın altındaki değerlere kadar düşmüştür. Yakın gelecekte bu değerlerin daha da azalması beklenmektedir [9].

#### 4. Formaldehit Ve Emisyonunun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Aldehitlerin en basit üyesi olan formaldehit, zehirli bir kimyasal olup, genellikle formalin adı verilen, %37'lik sulu çözelti şeklinde taşıyıp depo edilir [12]. Renksiz, yanıcı, keskin kokulu bir kimyasal olan formaldehit yonga levha, kontrplak, lif levha gibi odun esaslı ürünlerin üretiminde kullanılan tutkallarda, bu ürünlerin kullanıldığı inşaat malzemeleri,



yalıtım malzemeleri, kağıt ürünü kaplamalar ve ev ortamında kullanılan tekstil kumaş ürünlerin yapısında bulunmaktadır. Buna ek olarak, formaldehit yaygın bir mantar öldürücü, antiseptik ve dezenfektan olarak endüstride, morglar ve tıbbi laboratuvarlarda koruyucu olarak, diş macunu ve temizlik ürünlerinin yapısında da bulunur. Formaldehit canlı organizmalar tarafından normal metabolik süreçlerin bir parçası olarak küçük miktarlarda üretilip, doğal ortamlarda ve odunun yapısında da bulunmaktadır [13].

Formaldehit insanları farklı şekillerde etkilemektedir, bazı insanlar çok düşük düzeylerdeki emisyonlardan bile ciddi şekilde etkilenebilirken, bazılarının etkilenmesi ise daha yüksek konsantrasyonlarda olmaktadır [7]. Bu durum formaldehite maruz kalan insanların hassasiyet durumlarına göre değişmektedir. Formaldehit bazlı birçok ürün formaldehit emisyonuna ve buna bağlı olarak tüketicilerin çoğunluğunda rahatsızlıklara ve sağlıkla ilgili şikayetlere neden olmaktadır. Bu emisyonlar yaygın olarak gözlerde ve üst solunum yollarında tahriş ve diğer çeşitli semptomlara sebep olmaktadır. İnsan vücudu yüksek dozda emisyonla maruz kaldığında ciddi zehirlenme riski, uzun süreli maruz kalmalarda ise kronik zehirlenme hatta kanser başlangıcına neden olabilir. Bu sebeplerle son zamanlarda dünya genelinde odun ürünlerinden salınan emisyonun elemine edilmesi ve azaltılmasına yönelik düzenleyici baskılar vardır [15].

Formaldehit geniş bir kullanım alanına sahip olup, yüksek miktarlarda üretilen bir kimyasaldır. İnsanlar formaldehite farklı şekillerde maruz kalabilir. Bunlar, formaldehit bazlı reçineler ile üretilen levha ve mobilya ürünlerinden yayılan emisyonlar olabileceği gibi, patoloğlar ve laboratuvar ortamlarında çalışanlar da doğrudan formaldehite maruz kalabilirler. Bunların dışında insanlar buldukları kapalı veya açık ortamlarda sigara dumanı gibi faktörlerle de formaldehitin olumsuz etkileri ile karşılaşabilirler. Ayrıca, temizlik maddeleri, diş macunu, saç boyası ve yumuşatıcı gibi ürünler de formaldehit içerebildiğinden bu ürünlerle temas edildiğinde bazı riskler ortaya çıkmaktadır. Formaldehitin kendisi ya da diğer kimyasallarla hazırlanan bileşikler mobilya imalatında; boyalarda ve kaplamalarda koruyucu olarak, döşemeler ve perdelerle kalıcı şekil verilmesi amacıyla zank ve yapıştırıcıların bileşeni olarak kullanılmaktadır. Evlerde tipik formaldehit kaynakları üre formaldehit tutkalı ile üretilen levha ürünleridir. Bunlar içinde

yonga levha ve 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 [14].

Formaldehit emisyonuna maruz kalındığında gözlerde ve solunum yollarında tahriş, öksürük, boğaz kuruluğu göğüste sıkışma, baş ağrısı ve kalp çarpıntısı gibi rahatsızlıklar görülebilir. Bu maruziyet 0,1-5 ppm arasında olduğunda gözler, burun ve boğazda tahrişe neden olur, 10 ppm üzerinde ciddi gözyaşı burun ve boğazda yanma oluşur ve nefes alma zorlaşır. 25 ppm 'in üzerindeki konsantrasyonlarda ise ölümcül akciğer ödemi dahil ciddi hastalıklara neden olabilir. % 37'lik formalinin 30-100 ml oraldozu insanlarda ölümcül etki gösterebilir [16].Formaldehite yüksek oranlarda maruz kalındığında nazofarenks kanseri, sinonasal kanseri ve miyeloid lösemi riskini artırdığını epidemiyolojik kanıtlara dayanmaktadır. Çevre Sağlığı Bilimleri Ulusal Enstitüsü Ulusal Toksikoloji Programı Kanserojen üzerinde On ikinci Raporu'nda insan için bilinen kanserojen maddeler listesine formaldehiti eklemiştir [17].

Formaldehit, baş ağrısı, bulantı ve baş dönmesi gibi özgün olmayan belirtilerin yanında boğazda iritasyon, alerjik reaksiyonlar, gözlerde kızarıklık, sulanma, burun akıntısı vb. belirtilere neden olmaktadır. Özellikle kronik etkilenim varlığında kronik konjuktivit, farenjit, larenjit, bronşit ve öksürüğe neden olabilmektedir. Aynı zamanda kontak dermatite, polen ve diğer alerjenlere bağlı alerjik rahatsızlıkların ortaya çıkmasına ya da hastalık seyirlerinin ağırlaşmasına neden olabilmektedir [14]. İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalar formaldehit nazofarenks kanseri, sinonasal kanseri ve miyeloid lösemiye yol açtığını göstermiştir [18].

Formaldehitin nihai kullanıcılar üzerindeki etkileri kadar formaldehit kullanılan ya da üretilen tesislerde çalışanlar üzerinde de olumsuz etkileri olduğu unutulmamalıdır. Ulusal kanser enstitüsünün yaptığı çalışmada kan ve lenf sistemi, özellikle miyeloid lösemi kanser vakalarında formaldehite maruz kalma ve ölüm oranı arasında ilişki olabileceğini ortaya koymuştur [19]. Çin'de yapılan bir araştırmada formaldehit buharına maruz kalan ilaç

firması çalışanlarında gözlerde sulanma, hapşırma, öksürme, göğüs tıkanıklığı, ateş, mide ekşimesi, uyuşukluk, iştah kaybı ve tahriş görülmüştür. Formaldehitin ağız yoluyla doğrudan veya dolaylı olarak alınması sonucunda ise ölüm vakalarına rastlanılmıştır. Özellikle Çin gibi ülkelerde gıdalarda katkı maddesi olarak yasadışı şekilde kullanılan formaldehit ciddi zehirlenmelere sebep olabilmektedir. Doğrudan maruz kalmalarda yüzde şişlik, kornea dejenerasyonu ve formaldehit maruziyetinin doğrudan dermal alerjiye neden olduğu bilinmektedir. Aynı çalışmada formaldehit esaslı tutkal fabrikasında çalışanlarda formaldehit ile teması sonrasında dermatit görüldüğü ve iç ortamlarda özellikle 0,12mg/m<sup>3</sup> seviyesinin üzerindeki formaldehit konsantrasyonu astımı arttırıcı yönde etki yaptığı belirtilmiştir [20].

Formaldehitin en yaygın kullanıldığı alan, odun esaslı levhaların üretiminde kullanılan tutkallardır. Üre formaldehit, melamin formaldehit ve fenol formaldehit gibi tutkallarla üretilen levha ürünlerinin özellikle iç ortamlarda kullanılması sonucu ortamdaki hava kalitesi düşmekte ve insan sağlığı ciddi şekilde tehdit edilmektedir. Bununla birlikte formaldehitin diğer kullanım alanlarında herhangi bir şekilde formaldehit veya formaldehit emisyonuna maruz kalanlarla birlikte, çalışma ortamlarındakiler zarar görme tehlikesi altındadırlar.

İş güvenliği ve sağlığı standartları kurulu çalışma ortamlarında havadaki kimyasal madde miktarı için izin verilen maruziyet sınırlarını belirlemiştir. İzin verilen maruziyet sınırı ile çalışma hayatı boyunca çalışanların her gün maruz kaldığı olumsuz etkilerden korunması amaçlanmaktadır. Bu sınır değeri 0,75 ppm 'dir. Yasal olarak diğer zamanlar bu değer altında kalmak şartıyla çalışma anında bir kez bu değer üzerine çıkılabilir. 8 saatlik bir vardiyada ortalama maruziyet değeri 0,75 ppm' in üzerinde olamaz. Kısa süreli maruziyet sınırı ise 2ppm olup, bir çalışanın 15 dk.'lık periyot boyunca maruz kalabileceği değer 2ppm'i geçemez. Aksi durumlarda özel ekipmanlar kullanılmalıdır. Sonuç olarak 8 saatlik vardiyada maruziyet oranı 0,5 ppm' in üzerinde ise tıbbi denetim, özel teçhizat ve hava kalitesinin izlenmesi gereklidir [21]. Tablo 1'de çeşitli meslek gruplarında çalışanların maruz kaldığı formaldehit seviye miktarları görülmektedir [22].

Tablo-1 Çeşitli Meslek Gruplarında Çalışanların Maruz Kaldığı Formaldehit Seviye Miktarları

Meslek	Maruziyet sınırı (ppm)
Kimyasal madde üreten işçileri	0,04 –0,4
Mobilya işçileri	0,16 –0,4
Kontrplak ve yonga levha üretim işçileri	0,28 –3,48
Ofis çalışanları	0,07 – 0,13
Laboratuvar teknikerleri	0,11 – 0,27
Elektrikçi-Mekanikerler	0,06 -0,18
Temizlikçiler	0,15 – 0,21
Yangın işçileri	0,10 -2,2
Morg çalışanları	0,5 -1,5

Formaldehite en çok maruz kalan mesleklerin başında kontrplak ve yonga levha üretim işçileri gelmektedir. Bu durumda sadece nihai kullanıcıların değil çalışanlarında formaldehit emisyonundan olumsuz şekilde etkilenebileceğini göstermektedir. Bu olumsuz durumu azaltmak için çalışanlar için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

## 5. Sonuç

Ahşap esaslı levha ürünleri panel mobilya üretiminde ağırlıklı olarak tercih edilmektedir. Bu levhaların çok büyük bir kısmı formaldehit esaslı tutkallar ile üretilmektedir. Formaldehit içerikli tutkallar ile üretilen panel ve mobilyaların neden olduğu emisyon özellikle kapalı ortamlarda insan sağlığı açısından ciddi riskler oluşturmaktadır. Ahşap esaslı levha ürünlerinden yayılan formaldehit emisyonu nihai kullanıcılar ve bu alanda çalışanları etkileyen en önemli emisyon kaynağıdır. Formaldehit emisyonu, maruz kalınan konsantrasyona bağlı olarak deri, göz ve solunum yollarında ciddi alerjik reaksiyonlardan, kansere kadar varabilen hastalıklara neden olabilmektedir.

Formaldehit emisyonunun insan sağlığı üzerindeki kansere kadar varabilen olumsuz etkileri ve bu konudaki artan kaygılar son on yıllardır güncelliğini korumaktadır. Bu bağlamda formaldehit emisyonu sınırlanırılmış levha üretme zorunluluğu kaçınilmaz bir gerçektir. Bu durum dünya da resmi ve özel pek çok kurum tarafından da desteklenmektedir. Bu amaçla dünyada birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de ahşap esaslı levha ürünlerinde formaldehit emisyonu uygun yöntemlerle sınırlanırılmalı ve özellikle nihai kullanıcılardan maruz kalacağı emisyon değerleri belirli seviyelere çekilmelidir.

Formaldehit emisyonu sınırlanırılmış, istenilen emisyon sınıfına uygun levha üretebilmek, ahşap esaslı levha üretiminde kullanılan tutkalın serbest formaldehit içeriğinin azaltılmasıyla mümkün olacaktır. Düşük emisyonlu (E0, E1) F tutkalları kullanımı yüksek emisyonlu (E2, E3) tutkal reçetelerine göre tutkalın yapıştırma etkinliği daha az olduğundan benzer özellikte levha rimi için daha fazla tutkal tketylmektedir. Bu durum üretim maliyetleri arttırmakta, levha özelliklerini düşürmekte ve piyasa ile rekabet edebilme potansiyelini etkilemektedir. Günümüzde bu sorunun çözümünde kullanılabilecek yöntemler olarak; düşük emisyonlu tutkal reçeteleri kullanmak, formaldehit içerikli tutkallara formaldehit tutucu kimyasallar ilave etmek, farklı tutkal tiplerinin karışımlarını kullanmak ya da alternatif bio bazlı tutkalları tercih etmek gibi seçenekler tavsiye edilmektedir. Bu yöntemlerden en uygun olanına ekonomiklik ve levha ürünün hizmet yerindeki kullanım şartları dikkate alınarak karar verilmelidir. Çünkü oluşan tutkal bağının yapısı sıcaklık ve nem gibi faktörlerin etkisi altında olup değişken sıcaklık ve bağıl nem koşullarında levhalardan salınan formaldehit emisyonu artmaktadır. Bu nedenle kullanım yeri göz önünde bulundurularak levha rimi yapılmalıdır. Ayrıca, dünyada birçok gelişmiş ülkede olduğu gibi ülkemizde de kullanılan ahşap esaslı levhalarda formaldehit emisyon değerleri yasalarla düzenlenerek uygulamaya konulmalıdır.

## Kaynaklar

- [1] Bilgin Y, Türkiye'de Masif panel sektörünün yapısal durumu ve ağaç işleri endüstrisindeki kullanım olanakları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 2010.
- [2] <http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2004/pr153.html> (05.02.2015)
- [3] Baumann MGD, Lorenz LF, Batterman SA, Zhang GZ. Aldehyde emission from particleboard and medium density fiberboard products, Forest Product Journal, 2000; 50(9):75-82.
- [4] Maloney TM. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing, San Francisco,CA, USA: Miller Freeman Publications; 1993.
- [5] Hematabadi H, Behrooz R, Shakibi A, Arabi M. The reduction of indoor air formaldehyde from wood based composites using urea treatment for building materials, Construction and Building Materials, 2012; 28:743-746.
- [6] Eroğlu H, Usta M. Lif Levha Üretim Teknolojisi, Trabzon: KTÜ Orman Fakültesi Genel Yayın No:200 Fakülte Yayın No:30 s:152, 2000.
- [7] Boran S, Usta M. Odun esaslı panellerde açığa çıkan formaldehit ve formaldehit sınırları hakkında bilgiler, 3.Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 2010; Cilt:5 1968-1975.
- [8] Zhang H, Liu J, Lu X. Reducing the formaldehyde emission of composite wood products by cold plasma treatment, Wood Research, 2013; 58:(4): 607-616.
- [9] Roffael E. Volatile organic compounds and formaldehyde in nature wood and wood based panels, Holz als Roh- und Werkstoff, 2006; 64:144-149.
- [10] <http://www.chimarhellas.com/wp-content/uploads/2013/03/CHIMAR-Adhesive-Technologies-EA-CM-21112013.pdf> (05.02.2015)
- [11] <http://owic.oregonstate.edu/sites/default/files/pubs/Schwab.pdf>(05.02.2015)

- [12][http://www.kimyaborsasi.com.tr/module/stblog/88\\_formaldehit-hakkinda-bilgiler.html](http://www.kimyaborsasi.com.tr/module/stblog/88_formaldehit-hakkinda-bilgiler.html) (05.02.2015)
- [13] <http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Risk/formaldehyde>(05.02.2015)
- [14] Aksakal FN, Vaizoğlu SA, Güler Ç. Mobilyalardaki kimyasallar ve sağlık etkileri, Sted, 2005; cilt 14: sayı 12, 268.
- [15] Boran S, Usta M, Gümüşkaya E. Decreasing formaldehyde emission from medium density fiberboard panels produced by adding different amine compounds to urea formaldehyde resin, International Journal Of Adhesion& Adhesive, 2011; 31: 674-678.
- [16] <http://home.ccr.cancer.gov/lop/intranet/policymanual/SafetyAppendices/formaldehydefactst.asp> (05.02.2015)
- [17]<http://dceg.cancer.gov/news-events/linkage-newsletter/2011-11/research-publications/formaldehyde> (05.02.2015)
- [18]<http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/twelfth/addendum.pdf> (05.02.2015)
- [19]<http://www.cancer.gov/newscenter/newsfromnci/2009/formaldehyde> (05.02.2015)
- [20]Tang X, Bai Y, Duong A, Smith MT, Li L, Zhang L. Formaldehyde in china: production, consumption, exposure levels, and health effects, Environment International, 2009; 35: 1210–1224.
- [21]<http://www.cdph.ca.gov/programs/hesis/Documents/formaldehyde.pdf> (05.02.2015)
- [22] Kim KH, Jahan, SA, Lee JT. Exposure to formaldehyde and its potential human health hazards, Journal of Environmental Science and Health, Part C, 2011; 29:277–299.