

PAPER DETAILS

TITLE: Ahsap Bazli Kompozit Yüzey Kapli Yonga Levhaların Formaldehit Gaz Emisyonu ve Uygulanan Standartlar

AUTHORS: Osman Çamlıbel,Ümit Ayata,Ayşe Budak,Damla Yüksek

PAGES: 592-609

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3253900>

Ahşap Bazlı Kompozit Yüzey Kaplı Yonga Levhaların Formaldehit Gaz Emisyonu ve Uygulanan Standartlar

Osman ÇAMLİBEL^{1*}, Ümit AYATA², Ayşe BUDAK³, Damla YÜKSEK⁴

¹Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekan Tasarımı Pr., Kırıkkale

²Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt

³Kırıkkale Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Kırıkkale

⁴Kırıkkale Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi/ İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Kırıkkale

¹<https://orcid.org/0000-0002-8766-1316>

²<https://orcid.org/0000-0002-6787-7822>

³<https://orcid.org/0000-0002-4383-6436>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-2973-1910>

*Sorumlu yazar: osmancamlibel@kku.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 10.07.2023

Kabul tarihi: 27.10.2023

Online Yayınlanma: 11.03.2024

Anahtar Kelimeler:

Ahşap bazlı kompozit levhalar

Yonga levha

Formaldehit gaz emisyonu

Reçine

ÖZ

Her geçen gün kullanım alanı artan ahşap bazlı kompozit malzemeler beraberinde birtakım hava kirletici kimyasal maddeleri de getirmektedir. Özellikle ahşap esaslı kompozit levhalarda, kapalı ortam kirleticisi olarak isimlendirilen formaldehit içerikli reçineler kullanılmaktadır. Formaldehit esaslı reçinelerle üretilmiş ürünlerde zamanla levhalardan salınım formaldehit gaz emisyonu oluşabilmektedir. İnsan sağlığına zararlı olan bu kimyasal maddenin üretimi ve kullanımı sırasında uyulması gereken kurallar ve ülkelerin bu konuyla ilgili belirledikleri standartlar mevcuttur. Bu çalışmada mobilya atölyelerinden, üretici firmaların 8 mm ve 18 mm yongalam levhaları, örnekleme secim metodu ile alınmış ve bu levhaların formaldehit emisyonu TS 4894 EN 120 ölçüm yöntemine göre analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda en düşük formaldehit gaz emisyon ölçüm sonucu; 8 mm 14,60 mg/100gr E2 ve 18 mm 4,80 mg/100 gr E1 standardında ölçülmüştür.

Formaldehyde Gas Emission of Laminated Wood Based Particle Composite Boards and Applied Standards

Research Article

Article History:

Received: 10.07.2023

Accepted: 27.10.2023

Published online: 11.03.2024

Keywords:

Wood-based composite boards

Particleboard

Formaldehyde emission

Resin

ABSTRACT

Wood-based composite materials, the usage area of which is increasing day by day, also bring some air-polluting chemicals. Formaldehyde-containing resin chemicals, which are called indoor pollutants, are used especially in wood-based composite boards. In products produced with formaldehyde-based resins, formaldehyde gas emission may occur over time from the boards. There are rules to be followed during the production and use of this chemical substance, which is harmful to human health, and there are standards determined by countries on this subject. In this study, 8 mm and 18 mm surface-coated particleboards were taken from the furniture workshops by sampling selection method and the formaldehyde emission of these boards was analyzed according to TS 4894 EN 120 measurement methods. As a result of this analysis, the lowest formaldehyde gas emission of 18 mm surface-coated particleboard were measured at 8 mm 14.60 mg/100 g E2 and 18 mm 4.80 mg/100 g E1 standards, respectively.

To Cite: Çamlıbel, O., Ayata, Ü., Budak, A., Yüksek, D., Ahşap Bazlı Kompozit Yüzey Kaplı Yonga Levhaların Formaldehit Gaz Emisyonu ve Uygulanan Standartlar, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 592-609.

1. Giriş

Yonga levha (YL), yönlendirilmiş yonga levha (OSB), düşük, orta ve yüksek yoğunlukta lif levhalar (LDF, MDF, HDF) gibi kompozit malzemeler iki ya da daha fazla sayıda benzer veya farklı özelliklerde malzemelerin birleşmesiyle oluşur. Odunun şeklinde ve levha yoğunluğunda değişiklik yapmak, kullanılan yapıştırıcının miktarını azaltmak, su, yangın ve çevresel etkilere karşı dayanıklılığını artırmak amacıyla kompozit ürünlere eklenen maddeler ile ürünün özellikleri geliştirilmektedir. Kompozit malzemeler, levha ürünleriyle sınırlı olmamakla birlikte ahşap ve diğer ürünlerin bir araya gelmesi ile ortaya çıkan ürünleri de kapsamaktadır. Kompozit malzemelerin; mobilya, inşaat gibi sektörlerde geniş bir kullanım alanı vardır. İç ve dış mekanlarda da sıklıkla karşımıza çıkmaktadır (Güller, 2001).

Kimya endüstrisinin temel maddelerinden olan formaldehit, insan sağlığı ve çevre için son derece zararlı bir maddedir. Yapısında karbon, hidrojen ve oksijen bulunur (CH_2O). Renksiz ve keskin kokulu bu kimyasal; boya, kozmetik, kumaş, sigara, tekstil ve mobilya gibi birçok ev eşyasında bulunmaktadır (Boran ve Usta, 2010). Reçine sentezinde kullanılan formaldehit kimyasalının keskin kokuya sahip, rengi olmayan, asiditesi zayıf ve zehirli bir madde olduğu ifade edilmiştir (Akbulut, 1998).

Bu malzemelerin üretim aşamasında kullanılan yapıştırıcılarda bağlayıcı madde olarak üre-formaldehit, melamin- formaldehit, fenol- formaldehit, resorsin- formaldehit ve melamin üre-formaldehit tutkalları kullanılmaktadır

Formaldehit gaz emisyonu genellikle; konut ve ofis iç mekanlarında bulunan ve formaldehit içeren yapıştırıcılarla üretilmiş ahşap esaslı levhalardan kaynaklanmaktadır. İnsanlar bu malzemelerin üretim aşamasından iç mekanlarda kullanımı da dahil olmak üzere formaldehit gaz emisyonuna maruz kalmaktadır. İnsanları farklı şekilde etkileyen formaldehit, bazı insanlarda rahatsızlık uyandırmazken bazılarında ciddi problemlere sebep olabilmektedir (Çolakoğlu, 1993; Özlüsoy, 2016). Emisyonu birçok farklı faktöre bağlı olmakla birlikte zamanla açığa çıkan formaldehit, baş ağrısı, bulantı, baş dönmesi, alerji, gözlerde yaşarma burun akıntısı gibi sağlık problemlerine yol açmaktadır. Yapılan bazı araştırmalar sonucunda kanserojen etkisi olduğu da saptanmıştır. Bu sebeple formaldehit kullanımı ile ilgili uyulması zorunlu olan sınırlamalar getirilmiştir (Boran ve Usta, 2010).

Formaldehit gaz emisyonu, mekânda değişen sıcaklık ve nem koşullarından kaynaklı olarak üretim sonrasında da bir süre devam edebilmektedir. Bu sebeple, üretiminde formaldehit içerikli tutkallar kullanılan levhaların mekâna yayacakları formaldehite birtakım standartlar belirlenerek formaldehit salınım değerleri oluşturulup yasal yaptırımlarla sınırlamalar getirilmiştir. Üretilen levhaların standartlara göre formaldehit içeriği belirlendikten sonra hangi emisyon kategorisine ait olduğu belirlenmelidir ve buna göre kullanıldığı alanda değerlendirilmesi gerekmektedir. Formaldehit gaz emisyonu ile ilgili uyulması gereken standartlar sonucunda üreticiler emisyon değeri sınırında levha üretmek durumunda kalmışlardır. Bu da levha üretim maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır (Özlüsoy, 2016).

Bu çalışmada, mobilya üretiminde hammadde olarak kullanılan 8 mm ve 18 mm yongalamalar TS EN 120 standardına göre analiz edilerek üretici firma ürünlerinin formaldehit emisyonu ölçüm sonuçlarının, uluslararası formaldehit emisyon limit değerlerine göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.1. Formaldehit gaz emisyonunu etkileyen etmenler

Formaldehit salınımına başlıca etkisi olan etmenler; ahşabın çeşidi, üre/formaldehit oranı, sertleştiricinin cinsi, pres, tutkal miktarı ve ürünün kullanımına kadar ne kadar beklediğidir. Bunların dışında yonga levhaların yoğunluğunun da formaldehit gaz emisyonuna etkisi vardır. Yonga levhaların yoğunluğu arttıkça formaldehit gaz emisyon direncinin de arttığı saptanmıştır. Ayrıca, formaldehit tutucuların kullanımı da formaldehit gaz emisyonunu azaltmak için önemlidir (Gündüz, 2015).

1.1.1. Ağaç türü

Ahşap esaslı kompozit levhalarda ağacın türüne göre formaldehit gaz emisyonu değişiklik göstermektedir. Örneğin yapılan araştırmalar sonucunda, özdeş üretim koşullarında meşeden yapılan levhadan salınan formaldehit gaz emisyonu seviyesinin, çamdan yapılan levhadan salınandan az olduğu görülmüştür (Gündüz, 2015).

1.1.2. Reçinelerdeki formaldehit seviyesi

Lif levha, yonga levha ve kontrplakların içerdiği formaldehitin sebebi, kimyasalları birleştirmek amacıyla kullanılan üre formaldehittir. Reçinedeki formaldehitin artması emisyonun daha fazla olmasına yol açmaktadır. Bağlayıcıdaki formaldehit oranının bir değerden az olması levhalarda çekme mukavemetinin de düşmesine neden olmaktadır. Serbest formaldehit miktarı düşük reçineler kullanmak, formaldehit oranını düşürmenin en etkili yoludur (Gündüz, 2015).

1.1.3. Sertleştirici etkisi

Yonga levha üretiminde, presleme öncesi yonga rutubetinin azaltılması formaldehit salınımını azaltmaktadır. Bunun yanı sıra sertleştirici tipi ve hazırlanması da formaldehit salınımı üzerinde etkilidir. Diğer sertleştiricilere kıyasla amonyum klorür, formaldehit salınımını azaltmaktadır (Gündüz, 2015).

1.1.4. Presleme etkisi

Genellikle pres süresinin uzaması levhalardan salınan formaldehit miktarını azaltmaktadır. Yongaların preslenme aşamasında ek bir ısıtma uygulanması yonga levhalardan salınan formaldehiti azaltmaktadır. Bunun yanı sıra pres aşamasında yonga levhanın ortasında ulaşılan sıcaklığa bağlı olarak da salınım azaltılmaktadır. Levha kalınlığı ve yoğunluğuna göre değişebilmektedir (Gündüz, 2015).

1.1.5. Tutkal miktarının etkisi

Genellikle tutkal miktarı yükseldikçe formaldehit salınımında bir artış gözlenmemektedir. Tutkal miktarı % 50 artırıldığında formaldehit salınımı % 20 oranında artmaktadır. Formaldehit oranı düşük olan üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda tutkal miktarının önemsiz olduğu görülmüştür (Gündüz, 2015).

1.1.6. Formaldehit tutucularının etkisi

Formaldehit tutucular melamin, üre ve resorsin gibi maddelerdir. Formaldehitte bağlanabilen bu tutucular, sıkıştırma aşamasında ve devamında salınan serbest formaldehitte tepkimeye girer. Bu tepkime sonucu salınım azalır. Tutkallama aşamasından önce veya sonra uygulanabilirler. Üre, amonyak, melamin ve siyanogüinidin kimyasal tutucu olarak gösterilebilir. Levha üretiminde üre formaldehit tutkalına katılan formaldehit tutucular yurt dışından getirilmektedir ve maliyetli ürünlerdir. Bir alternatif yöntem de üre formaldehit tutkalına melamin ilavesi yapmaktır. Fakat ülkemizde melamin üretimi olmadığı için yurt dışından gelmektedir ve yine maliyetli bir üründür. Tutkal üretim maliyetini artırdığı için iki yöntem de sınırlı kalmaktadır (Gündüz, 2015).

1.1.7. Levhaların depolanmasının etkisi

Formaldehit oranı yüksek üre formaldehit tutkalıyla üretilen yonga levhaların formaldehit emisyonundaki azalma depolanma süresine bağlı olarak, formaldehit oranı düşük üre formaldehit ile üretilenlere göre daha çok olmaktadır. Formaldehit gaz emisyonunu azaltmak için, presleme işleminden sonra levhaların yavaş soğutulması daha faydalı olmaktadır (Gündüz, 2015).

1.2. Formaldehit gaz emisyonu belirleme yöntemleri

Formaldehit gaz emisyonunun insan sağlığına zararlı etkileri sonucu ahşap bazlı kompozit ürünlerde formaldehit gaz emisyonunu azaltmaya yönelik çalışmalar artmıştır. Üretimde yapılan kontroller formaldehit gaz emisyonunun azalmasını ve standart test metodlarının gelişmesini sağlamıştır. Bu sayede birçok ülke standardında yer alan ahşap esaslı levhalardan ayrılan formaldehit seviyesini ölçen yöntemler geliştirilmiştir. Ahşap esaslı levhalardan salınan formaldehit miktarı farklı yöntemlerle belirlenebilmektedir (Yeşil, 2008).

Bunlar;

- 1. Perforatör (ekstraksiyon) yöntemi*
- 2. Küçük chamber (kabin) yöntemi*
- 3. Büyük chamber (kabin) yöntemi*
- 4. Gaz analizi yöntemi*
- 5. Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI)- Flask yöntemi*
- 6. Desikatör yöntemi*

1.2.1. Perforatör (ekstraksiyon) yöntemi

Bu yöntemde tolüende ısıtılan levha örneğinden formaldehitin destile suya ayrışması sağlanır. Solüsyondaki formaldehit seviyesi iyodometrik veya fotometrik yöntemle belirlenip levha ağırlığına oranlanmaktadır. Perforatör metodunun sıkıntılarından bazıları; farklı rutubetlerdeki levhalarda farklı sonuçlar vermesi, iyodometrik ve fotometrik değerlerle ölçülen sonuçlarda yüksek farklar çıkabilmesi, kullanılan malzemelerin maliyetli olması, perforatör cihazında kısa zamanda analiz yapılamaması, düşük formaldehit gaz emisyon değerlerinde hatalı sonuç analizi ve tolüenin sebep olabileceği sağlık problemleridir. Bu yöntem formaldehit içeriği %0,01 ve üzeri levhalarda kullanılır (TS 4894 EN 120, 1999).

1.2.2. Küçük chamber (kabin) yöntemi

Bu yöntemde TS EN 717-1 standardına göre; boyutu 1 m³ olan kaba konulan örneklerin formaldehit gaz emisyon oranı; ısı derecesi, nem, kaç kere hava değişimi yapıldığı ve kabinde yük oranı dikkate alınarak ölçülmektedir.

1.2.3. Büyük chamber (kabin) yöntemi

Amerika, Japonya, Almanya ve İskandinav ülkelerinde TS EN 717-1 standardı kullanılan bu yöntemde göre, büyük boyutlarda sunta ve işleminden geçen ürünlerin formaldehit gaz emisyonu hacimsel olarak büyük gözlem mekanlarında ölçülmektedir. Mobilyalar ve boyutları fazla levhalar kullanıldığı için sahip olunan ölçümler, uygulamalı değerlere diğer yöntemlere göre yakın olmaktadır. Bu metotta formaldehit gaz emisyonundaki değişim kaç kere hava değiştirildiğine ve zamana göre ölçülebilmektedir.

1.2.4. Gaz analizi yöntemi

Bu yöntemde deney örneği bulunan bir reaksiyon borusuna sabit hız ve sıcaklıkta hava gönderilir. Buradan çıkan formaldehit içeren hava borunun ucuna yerleştirilen yıkama şişelerindeki destile suda emilir. Formaldehitin fotometrik yöntemle tespit edildiği bu metotta gözlem dört saattir ve 1 saatteki havanın değişimi 60 litredir. Formaldehit salınımı tespiti istenen üründen üç numune gerekir. Levha örneklerinin kesimden önce kenarlarına kaplama işlemi yapılmasına gerek yoktur ancak örnekler kesimden analiz yapılincaya kadar kaplanır ve havasız bir şekilde oda sıcaklığında tutulur (TS EN 717-2, 1999).

1.2.5. WKI- Flask yöntemi

Ahşap esaslı kaplanmamış levhaların formaldehit gaz emisyonunu ölçmek için kullanılan uygulanma 1975 Almanya da geliştirilen basit bir yöntemdir. Diğer yöntemlere göre daha az maliyetli ve çalışma sırasında sağlık problemlerine yol açmaması gibi avantajları vardır. Levhanın üretim aşamasında tutkal içeriğinde küçük değişiklikler yaparak ekstraksiyon yöntemine kıyasla daha hassas ölçümler yapılabilir. Deney süresinin 24 saat olması ise dezavantaj olarak görülmektedir. Ahşap esaslı

levhaların dışında duvar kâğıdı ve sentetik halılarda formaldehit gaz emisyonu da ölçülebilir (TS EN 717-3, 1999).

1.2.6. Desikatör yöntemi

2 saat veya bir gün süren desikatör metodunda 10,5 litre desikatörün içine atılan örnekler yaklaşık 24 derece sıcaklıkta bekletilmektedir. Bekleme sonrası ürünlerin bekletildiği kap alınarak içerdiği formaldehit miktarı belirlenmektedir. Deneyin iki veya 24 saat olmasına bağlı olarak desikatör içerisindeki destile suyun miktarı değişmektedir (JIS A 1460, 2001).

1.3. Ahşap esaslı levhalarda formaldehit gaz emisyonu düzenlemeleri ve ülke standartları

Odun esaslı levhalardan yayılan formaldehit insan sağlığını önemli ölçüde tehdit eder. İnsanlar, üretiminden kullanımına kadar iç mekanlarda bu formaldehit gaz emisyonuna maruz kalırlar. Formaldehit ayrışması, en çok değişen ısı ve nem şartlarında ürünün üretiminden sonrasında da sürebilmektedir. Bu sebeple belirli sınırlamalar getirilerek emisyon değer sınıfları oluşturulmuştur. Formaldehit salınımının özellikle hastanelerde kullanılan ürünlerde ve bebek mobilyalarında standartların belirlediği sınırların altında olması önemlidir (Aksakal ve ark., 2005).

İç mekân formaldehit salınımını azaltmak için Avrupa ülkelerinde etiketleme sistemleri mevcuttur. Bazı AB ülkeleri, ürünlerden ayrılan uçucu organik bileşikler (VOCs) salınımları ile ilgili sınırlandırmalar getirmiştir. Örnek olarak Almanya’da döşeme sebepli salınımlar, Yapı Ürünlerinin Sağlık Açısından Değerlendirilme Komitesi (AgBB) çalışmaları ile ölçülmektedir (Kaptı ve Ayrılmış, 2016).

TS EN 717-1 chamber yöntemine göre odun esaslı panellerde E1 sınıf formaldehit salınımı Tablo 4’de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak görülmektedir. Avusturya, Danimarka, Almanya, İtalya gibi birçok Avrupa ülkesinde sadece E1 sınıfı paneller tercih edilmektedir. Diğer ülkelerde farklı malzemelerde kullanılan formaldehit ve uçucu organik bileşikler (VOC)’in emisyonunu gösteren etiketleme sistemi bulunmaktadır. En düşük formaldehit gaz emisyonuna sahip levhalar üretebilmek için farklı formaldehit/üre mol oranlarına sahip reçine üretimleri ve levhalarda formaldehit salınımı azaltıcı çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda düşürülmüş formaldehit gaz emisyon limit değerleri uluslararası akredite olmuş laboratuvarlarda tescillendirilmektedir. Tablo 3 ve Tablo 4’te formaldehit limit değerlerine göre sınıflandırma yapılmaktadır. EMICODE, Indoor Air Confort, Blue Angel, M1 eko etiketlemelerden örneklerdir (Kaptı ve Ayrılmış, 2016). Tablo 1’de Avrupa’da tüm ahşap bazlı levhalara uygulanan formaldehit gaz emisyon analiz yöntemleri ve emisyon sınıf aralıkları belirtilmiştir.

Tablo 1. Avrupa formaldehit gaz emisyonu test metodu ve standartları

Levha tipi	Test metodu	Standartlar	Limit değerler
Yonga levha	EN 120:1992	EN 13986:2002 BS 8509-2008	$\leq 8 \text{ mg/100g}$ E1 $> 8 \text{ mg/100g}$ E2
PB	perforatör metot	+A1:2011 FIRA/FRQG COO1:2008	
MDF	ekstraksiyon		
Tüm ahşap paneller	EN 717-1: 2004 chamber (kabin) metodu	EN 13986:202 FIRA/FRQGCOO1:2008	$\leq 0,124 \text{ mg/m}^3$, E1 $> 0,124 \text{ mg/m}^3$, E2
Tüm ahşap paneller	EN-717-2 1994 chamber (kabin) metodu	EN 13986:2002	$\leq 3,5 \text{ mg/m}^2\text{h}$

Tablo 2’de ahşap bazlı MDF, yonga levha, duvar paneli, OSB (yönlendirilmiş yonga levha) ürünlerinin Avrupa, Avustralya, Amerika ve Japonya’da uygulanan standartlar, test yöntemleri ve limit değeri verilmiştir.

Tablo 2. Avrupa, Avustralya, Amerika ve Japonya’daki odun esaslı paneller için formaldehit gaz emisyon standartları*

Ülkeler	Standartlar	Test yöntemleri	Levha sınıfları	Limit değerleri
Avrupa	EN 13986	Kabin EN 717-1	E1-PB-MDF-OSB	≤ 0,01 ppm
		Perforatör EN 120		≤ 8 mg/100g
		Kabin EN 717-1	E1-PW	≤ 0,1 ppm
		Gaz analiz EN 717-2		≤ 3,5 mg/hxm ²
		Kabin EN 717-1	E2-PB-MDF-OSB	> 0,1 ppm
		Perforatör EN 120		> 8 mg/100g
		Kabin EN 717-1	E2-PW	≤ 30 mg/100g
		Gaz analiz EN 717-2		> 0,1 ppm
Avustralya	AS/NZS 1859-1-2	Desikaör AS/NZS 4266.16	E0-PB-MDF	> 3,5 mg/hxm ²
			E1-PB	≤ 8 mg/hxm ²
			E1 MDF	≤ 0,5 mf/L
			E2-PB-MDF	≤ 1,5 mf/L
			PB- MDF	≤ 1,0 mf/L
U.S.A	ANSI A208. 1-2 (PB&MDF)	Geniş kabin ASTM E1333	PW	≤ 4,5 mf/L
			PW	≤ 0,3 ppm
			PW	≤ 0,3 ppm
Japonya	JIS A 5908- 5905 (PB-MDF)	Desikatör JIS A 1460	F**	≤ 0,2 ppm
			F***/E0	≤ 1,5 mg/L
			F****/E0	≤ 0,5 mg/L
MDF; orta yoğunlukta lif levha, PW;Duvar paneli, PB: yonga levha, OSB; Yönlendirilmiş yonga levha				≤ 0,3 mg/L

*(Salem ve ark.,2012, Risholm -Sundman ve ark., 2007)

Günümüzde formaldehitin dışında odun esaslı panellerde toplam organik uçucu bileşikler (TVOC) hakkında değişik ülkelerde çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Panellerden salınan TVOC (Toplam Organik Uçucu Bileşikler)’nin belirlenmesi ve sınırlamalar getirilmesiyle birlikte iç mekânda tercih edilen ahşap malzemelerin de emisyonlarının tespit edilmesi ve sertifikalandırılması gerekli görülmüştür. Bu nedenle birtakım sınırlandırmalar ve çalışmalar Avrupa’da geliştirilmeye başlanmıştır (Kaptı ve Ayrılmış, 2016).

Tablo 3. Ahşap esaslı panellere uygulanan yöntemler ve formaldehit E1 ve E2 sınıfları ve standart değerleri (TS EN 13986, 2007).

Formaldehit sınıfı	Formaldehit konsantrasyonu (ppm)	Perforatör (mg/100g kuru levha) TS 4894 EN 120	Gaz analizi değeri (mg/m ² h) TS EN 717 -2	Chamber (kabin)metodu değeri (mg/m ³) TS EN 717-1
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≤

ppm: milyonda bir birim.

Tablo 3’te ahşap esaslı levhalarda uygulanan yönetime göre standart sınıf seviyesini belirlemek için referans alınan limit değerleri verilmiştir.

Tablo 4. Ahşap kompozit ürünleri için önerilen hava toksit ölçüm değerleri*

Ahşap kompozit ürünleri için önerilen hava toksit ölçümleri				
Standart	Ürünler	Test yöntemi	Sayısal değer	ASTM E 1333 (ppm)
CARB phase _1	HWPW	ASTM 1333	0,08 ppm	0,08
	PB		0,18 ppm	0,18
	MDF		0,21 ppm	0,21
CARB phase _2	HWPW	EN-717-1	0,05 ppm	0,05
	PB		0,09 ppm	0,09
	MDF		0,11 ppm	0,11
E1	HWPW	EN-717-1	0,12 mg/m ³	0,14
	PB, MDF		0,12 mg/m ³	0,14
	HEPSİ	EN-717-2	3,5 mg/m ² h	N/A
F**	PB, MDF	EN 120	8 mg/100 g o.d.b	0,10
	Hepsi	JIS A 1460	1,5 mg/L	N/A
	F***		0,5 mg/L	0,07
F****	Hepsi		0,3 mg/L	0,05

F Star standartları, tanımlanmış CARB standartları tüm ahşap ürünlerinde uygulanır. E1333 değeri ASTM E 1333 -96 (ASTM -2002) verileri kullanılarak hesaplanmıştır. *(Battelle., 1996). (Risholm-Sundman ve ark., 2007) ve CARB (2007 ve 2010)

Tablo 4.'de Ahşap bazlı kompozit ürünlerin CARB-phase-1, CARB phase-2, E1 ve Japon standartları kapsamında havada olması gereken en az toksit ölçüm limit değerleri verilmiştir. Ahşap bazlı levhaların içinde en düşük formaldehit salınımı yayan levhalardan üretilen mobilya ve donatı ürünler iç mekanlarda yaşam konforunu artırmaktadır.

Tablo 5. Bazı standartlar için kullanılan genel koşullar formaldehit emisyonunun belirlenmesi için test yöntemleri*

Formaldehit gaz emisyonunun belirlenmesi için bazı standart test yöntemleri için kullanılan genel koşullar						
Test Metodu		ASTM D 6007-2	EN 120	EN 717- 1	EN 717-2	EN 717-3
Malzeme	Hacim	1 m ³	Ekstraktör aparatusları	0,225 m ³	4L	500 mL flash
	Duvar malzemesi	Alüminyum	Çam/perforatör	Paslamaz çelik	Çam	Kapaklı polietilen şişe
Test örnekleri	Yükleme oranı	0,43 m ² /m ³ (Yongalevha)	25X25 mm (110 g)	1 m ² /m ³	0,4X0,05 m	0,025X0,025 mm (20 g)
	Kenar sızdırmazlığı	Evet	Hayır	Evet	Evet	Hayır
Test örneklerin koşullandırılması	Sıcaklık (°C)	7 gün	Tanımsız	Hayır	Çeşitli	Tanımsız
	RH%	(24±3°C), (%50±5)				
Test Örneklerini uygulanması	Sıcaklık (°C)	24±3	110 °C 600 ml	23±0,5	60±0,5	40 °C
	RH (%)	50±5	Toluen ile	45±3	≤ %3	100%
	Hava değişimi (h ⁻¹)	2	ekstraksiyon	1,0±0,05	(60±3)	Hayır
	Hava hızı	(2-5 m/s) fan hızı	Hayır	0,1-0,3 m/s	1L/dakika	Hayır
	Test süresi	Sabit duruma kadar	3 saat	2-4 hafta	4 saat	3 saat
	Sonuçlar	CARB phase-1 CARB phase-2	E1≤ 8 mg/100 g (fırın kurusu)	E1≤ 0,1 ppm veya 0,124 mg/m ³	E1≤ 3,5 mg/m ² /h	Resmi olarak kabul edilen sınır değeri yok

*(Salem ve ark., 2012), (Risholm -Sundman ve ark, 2007)

Tablo 5'te ahşap bazlı kompozit levhaların formaldehit gaz emisyonunun analizinde dünyada uygulanan testler gösterilmiştir. Bu test metodlarına göre; malzeme secimi, test örneklerinin ölçüleri, hacimleri, kenar sızdırmazlık uygulanması, test örneklerini koşullandırma şartları, analizde uygulanan aşamalar ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesidir.

Tablo 6. Yeni CARB phase-1 ve CARB phase-2 formaldehit gaz emisyon standartları*

Etki Tarihi	CARB phase-1 (P1) ve CARB phase-2 (P2) HWPW, PB, MDF				
	phase 1 ve phase 2 emisyon standartları ppm				
	HWPW-VC	HWPW-CC	PB	MDF	Thin MDF
1.01.2009	P1: 0,08	-	P1:0,18	P1:0,21	P1:0,21
1.07.2009	-	P1: 0,08	-	-	-
1.01.2010	P2:0,05	-	-	-	-
1.01.2010	-	-	-	-	-
1.01.2011	-	-	P2:0,09	P2:0,11	-
1.01.2012	-	-	-	-	P2:0,13
1.07.2012	-	P2:0,05	-	-	-

Temel ilk test metodu (ASTM D6007-02, 2002) ppm. HWPW-VC: Veneer core, HWPW-CC: Composite core. 23 °C ve 1013 hPa, EN 717-1 metodu ile ölçüm sonuçları arasındaki var olan bağlantı; 1 ppm= 1,24 mg/m³ ve 1 mg/m³= 0,81 ppm. *(Salem ve Böhm., 2013)

Tablo 6’da ahşap bazlı levhalarda formaldehit gaz emisyonu ölçümünde uygulanan CARB phase-1 ve CARB phase-2 yöntemlerinin faaliyet tarihlerine göre limit değerleri verilmiştir.

Ahşap esaslı levha malzemesi, EN standart değerinde E1 ve E2 olarak ikiye ayrılan ve bu sınıflandırmalardan daha yüksek bir kategoriye izin verilmeyen kanserojen bir maddedir. Bu sınıflamalar birçok ülkede ele alınmaktadır. Özellikle mobilyalarda kullanılan ahşap esaslı levhaların E1 sınıfında olması ve ham maddelerin bu değer ölçüsünde olduğuna dikkat eden firmalardan tercih edilmesi kullanıcının sağlığı açısından önemli bir noktadır (Subaşı ve ark., 2017).

E1 belgesi alınabilen ürünler; yonga levhalar, OSB, MDF ahşap levhalar, soyma tabakalı lamine kereste malzemesinin kaplanmamış ürünleri, kontrplak, masif ahşap levhalar, lif levhalar, çimentolu yonga levhalar, laminant, parke malzemesinin boyanmış ve kaplanmış ürünleridir. Bu belge ile alınan tüm ürünlerin sağlık standartlarına uygun malzemeler olduğu tescillenmiştir. E1 belgesini almaya hak kazanan firmalar bu belgeyle birlikte ürünleri kullanma hakkını kazanmakta ve 1 yıl süre ile bu belgeyi kullanabilmektedir (Subaşı ve ark., 2017).

TSE belgeyi alan firmaları denetlemekte ve bu doğrultuda belli aralıklarda bölgeyi kontrol ederek numuneler almaktadır. Ahşap ürünlerin formaldehit gaz emisyon ölçüsünü kontrol eden bu merkez ilgili numunelerin analizini TSE Gebze Malzeme Laboratuvarı’nda yapmakta ve ürünlerin sağlık açısından durumu incelenmektedir. İncelenen ürünler sonucunda belli sınırlar içinde sonuçlanan değerlere göre E1 ve E2 belgesi verilmektedir (Subaşı ve ark., 2017).

Ülkemizde iç hava standartlarının kontrolü konusunda belli sınırlandırmalar bulunmamaktadır fakat 1923 yılında Çevre Kanuna ilişkin yönetmelik, 02.11.1986 tarihinde ‘Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği’ yürürlüğe konulmuştur ve 2001 yılından itibaren İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi iç hava kalitesine yönelik çalışmalar yürütmektedir (Sıradağ, 2019).

2. Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada üç farklı üreticinin üretmiş olduğu 8 mm ve dört farklı üreticinin üretmiş olduğu 18 mm kalınlığındaki yongalam paneller (her iki yüzü dekor kağıtla kaplanmış yonga levha) rastgele yöntem ile mobilya imalatı yapan atölyelerden temin edilmiş ve formaldehit gazı salınım değerleri analiz edilmiştir. Levhalar TS EN 120 standardına göre kesilmiş, plastik poşetlere konulmuş ve plastik poşetlerin ağzı hava almayacak şekilde kapatılmıştır. Değerler TS 4894 EN 120 (1999)'e göre belirlenmiştir. Analizler TSE laboratuvarlarına akredite özel bir firmanın üre formaldehit reçine tesis laboratuvarında yapılmıştır. Toplam 70 örnek (10 tekrar) standartlara göre hazırlanmış, kondisyonlanmış ve ölçülmüştür. Elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmesinde ($P<0,05$) ANOVA ve Duncan testleri SPSS v22 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 7'de yongalam ürünlerin ortalama formaldehit gaz emisyon değerleri verilmiştir.

Tablo 7. Yongalamların formaldehit gaz emisyon ölçüm sonuçları

Üretici firma	Levha türü	Kalınlık mm	Formaldehit gaz emisyonu mg/100 g
A	Yongalam	8	16,60
B	Yongalam	8	14,60
C	Yongalam	8	14,60
D	Yongalam	18	7,40
E	Yongalam	18	7,50
F	Yongalam	18	7,60
G	Yongalam	18	4,80

Tablo 8'de istatistiksel analiz sonucu tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve farklıların tespit edilmesi için Post hoc çoklu test karşılaştırma sonuçları görülmektedir.

Tablo 8. Yongalamların formaldehit gaz emisyonu Post Hoc çoklu test karşılaştırması

Deneyler yongalam	Deney grupları	N	Ortalama	Standart sapma	Std. hata	95% Güven aralığı*		Minumum ^y	Maksimum ^z
						Alt sınır	Üst sınır		
A Firması	8 mm	10	16,6 ^a	0,00	0,00	16,60	16,60	16,60	16,60
B Firması	8 mm	10	14,6 ^b	0,00	0,00	14,60	14,60	14,60	14,60
C Firması	8 mm	10	14,6 ^b	0,00	0,00	14,60	14,60	14,60	14,60
D Firması	18 mm	10	7,4 ^b	0,00	0,00	7,40	7,40	7,40	7,40
E Firması	18 mm	10	7,5 ^c	0,00	0,00	7,50	7,50	7,50	7,50
F Firması	18 mm	10	7,6 ^d	0,00	0,00	7,60	7,60	7,60	7,60
G Firması	18 mm	10	4,8 ^a	0,00	0,00	4,80	4,80	4,80	4,80

*Ortalama ANOVA için% 95 güven aralığı. a, b, c, d harfleri aynı harfle anlamlı olarak farklı değildir (Duncan testi).

Post Hoc test sonucu karşılaştırması ile elde edilen sonuçlara göre 8mm levhalar için formaldehit salınım değerleri; A, B ve C firması levhalarında sırası ile 16,60 mg/100g, 14,60 mg/100g ve 14,60 mg/100g olarak ölçülmüştür. Analiz sonucunda B firması ile C firmasının ürünlerinin formaldehit gaz emisyonu eşit çıkmıştır. İstatistiki ANOVA (Duncan) analiz sonucuna göre gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. A firmasının formaldehit gaz emisyonu diğer firmalardan daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuca göre 3 firmanın formaldehit emisyon değerleri Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'e göre 8-20 mg/100g ile E2 sınıfında yer almaktadır.

18 mm yongalam levhalarının formaldehit gaz emisyonu ölçüm sonuçları D, E, F ve G firması için sırasıyla 7,40 mg/100g, 7,50 mg/100g, 7,60 mg/100g ve 4,80 mg/100g olarak ölçülmüştür. İstatistiki analiz sonucunda gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. 4 firmanın ürünlerinin formaldehit gaz emisyonu birbirinden farklı sonuçlar çıkarmıştır. Formaldehit gaz emisyonu en yüksek F firmasının, en düşük G firmasının ürünlerinde ölçülmüştür. 18 mm yongalamların formaldehit gaz emisyonu Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'e göre ≤ 8 mg/100g E1 sınıfında yer almaktadır.

Tablo 9. 8 mm yongalamların formaldehit gaz emisyon özelliklere ait önem değerleri

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Gruplar arası	54,875	3	18,292	97722045852956000000000000000000,000	0,000*
Gruplar içi	0,000	36	0,000		
Toplam	54,875	39			

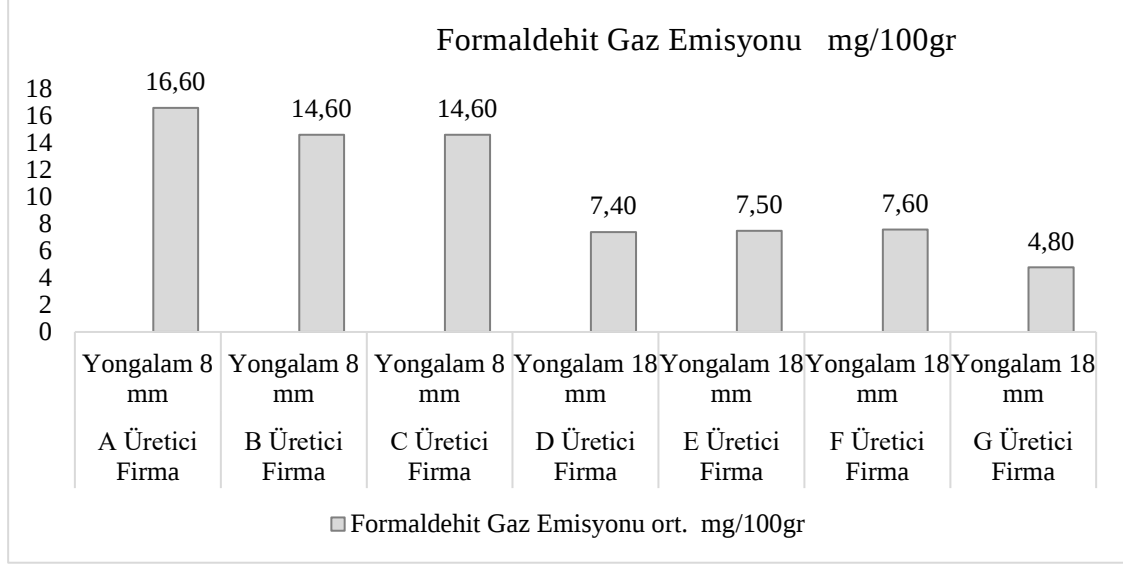
Tablo 9'da görüldüğü gibi piyasadan toplanan 8 mm yongalam levhalarının SPSS istatistiki analiz sonucu significant değerinin 0,05'ten küçük olduğu tespit edilmiştir. Buna göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Bu anlamlı farklılığın Post Hoc çoklu test karşılaştırması sonucunda B üretici firma ile C üretici firma levhalarının formaldehit gaz emisyonu ölçüm sonucunda aynı olduğu, A üretici firma levhalarında farklı olduğu bulunmuştur.

Tablo 10. 18 mm yongalamların formaldehit gaz emisyon özelliklere ait significant değerleri

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Gruplar arası	26,667	2	13,333	58772467421350500000000000000000,000	0,000*
Gruplar içi	0,000	27	0,000		
Toplam	26,667	29			

18 mm yongalam levhalarının istatistiki analiz sonucu significant değeri 0,05'ten küçük olduğundan gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır (Tablo 10). Post Hoc çoklu test karşılaştırmasında

D, E, F, G üretici firmaların levhalarının formaldehit gaz emisyonu ölçüm sonuçlarının birbirlerinden farklı olduğu görülmektedir. Şekil 1’de üretici firmalara göre 8 mm ve 18 mm yongalamların formaldehit gaz ölçüm sonuçları görülmektedir.



Şekil 1. 8 mm ve 18 mm yongalamların formaldehit gaz emisyon ölçüm sonuçları

Şekil 1’deki verilere göre; 18 mm yongalam ürünlerinin formaldehit gaz emisyon değeri 8 mm yongalam ürünlerinden daha düşük ölçülmüş ≤ 8 mg/100g E1 sınıfında yer almıştır.

Kontrplaklar ve yüzey kaplamalarında kullanılan formaldehit bazlı melamin formaldehit tutkalının yerine Polivinil asetat (PVAc) kullanımının ortamdaki uçucu organik bileşikler (VOC) ve formaldehit gaz emisyonunu azaltmada etkili olduğu belirtilmiştir (Kim ve ark., 2007). Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu, formaldehitin solunum yolu ve deri teması ile kanseri tetiklediğini yapılan çalışmada tespit etmiş ve böylece formaldehiti kanserojen özellikte bir madde olarak sınıflandırmıştır (Emri ve ark., 2004). Katlı pres ve sürekli pres proseslerinde üretilen 18 mm yonga levhaların EN 120 perforatör formaldehit gaz emisyonu, çok katlı yonga levhada 5,76 mg/100 g ve sürekli pres yonga levhada 3,67 mg/100 g olarak ölçülmüş ve yonga levha çizelge 3 standart verilerine göre E1 sınıfında yer almıştır (Çamlıbel, 2023).

2006’da E1 emisyon sınıfı Avrupa panel federasyonu (EPF) üyeleri için zorunlu hale gelmiştir (URL-1, 2015). Avrupa’da ahşap bazlı panel üreticileri proseslerinde çalışanların formaldehite mesleki anlamda maruz kalmalarına yönelik ortamdaki formaldehit gazını düşürmeye ilişkin Formaldehit Eylem Rehberi adlı gönüllü anlaşma, EFBWW ve EPF tarafından 29 Kasım 2018’de Lizbon, Portekiz’de ortaklaşa imzalanmıştır (URL- 2., 2018).

Doğan ve Kaymakçı (2022) OSB levhalarında F/Ü mol oranı azaldıkça formaldehit gaz emisyon değerinin daha düşük sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Üretim prosesinde üretilen yonga levhalarda üç farklı mol oranında üre formaldehit kullanılmış ve EN 120 perforatör analiz sonucunda 0,88 mol, 9,16 mol ve 1,17 mol üre formaldehitli levhaların formaldehit gaz emisyonları sırasıyla 7,40 mg/100 g,

9,16 mg/100 g ve 14,76 mg/100 g olarak ölçülmüştür. Formaldehit analiz sonucuna göre üre formaldehit mol oranı düştükçe levhada formaldehit emisyonunun azaldığı ve 0,88 mol üre formaldehitli levhanın formaldehit emisyon sonucu E1 sınıfında yer aldığı ifade edilmiştir (Çamlıbel ve Ayata, 2020).

Üretim prosesinde HDF (yüksek yoğunlukta lif levha) üç farklı mol oranında üre formaldehit ile sürekli preste üretilmiştir. 0,88 mol, 0,98 mol ve 1,17 mol üre formaldehitli HDF levhaların formaldehit emisyonları sırasıyla 6,79 mg/100 g, 8,28 mg/100 g ve 14,96 mg/100 g olarak ölçülmüştür. 0,88 mol üre formaldehit ile üretilen HDF levhalarının formaldehit emisyon sınıfı E1'dir. Üre formaldehit reçine içeriğinde formaldehit miktarı azaldıkça EN 120 perforatör analiz sonucunun doğru orantılı olarak azaldığı ifade edilmiştir (Çamlıbel., 2021). Formaldehit gazı; insanlar tarafından düşük miktarda solunum yolu ile alınması kansere neden olabilir. Davis ve Dhingra (2001) yaptığı çalışmada formaldehitin kanserojen bir madde olduğunu açıklamışlardır.

Şahin ve ark. (2011) yaşam alanlarında formaldehitin havadaki konsantrasyonunun artması sonucunda insan sağlığına önemli etkileri olduğunu, sağlık problemi oluşturduğunu, formaldehit kullanımına bağlı olarak etki faktörü alanlarının tespiti ve gerekli önlemlerin alınması gerektiğini ifade etmişlerdir. Panel şeklindeki levhaların kenar bandı olmayanları kenar bandı olanlara göre daha fazla formaldehit gaz emisyonu yaymaktadır. Ortamda sıcaklık seviyesi artıkça levhadan dışarıya doğru formaldehit gaz salınımı artmaktadır. Yüksek sıcaklığa sahip ortamlarda formaldehit gaz emisyonunu azaltmak için; kompozit panellerin üretiminde mol oranı düşük üre formaldehit tutkalı tercih edilmesi ya da tabakalı ağaç malzeme kullanılmadan önce formaldehit gaz emisyonu azaltıcı işlemler uygulanması gerektiği açıklanmıştır (Keskin ve Tekin., 2015).

Gündüz ve Ayan (2014) orman endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan formaldehit bazlı reçinelerin en yaygın ortam kirleticisi olduğunu ve Türkiye'de yasal düzenlemenin olmadığını fakat Avrupa ülkeleri, Amerika ve diğer ülkelerde yasal düzenlemenin olduğunu ifade etmiştir. Avrupa ülkeleri; Blue Angel, Ecolabel, E1 sınıfı belgeli ürünler ile Amerika da CARB phase-1 ve CARB phase-2 belgeli ürünlerin ithalatını kabul etmektedir.

Gelişmiş ülkeler, ahşap bazlı kompozit levha ürünlerinde, kendi standartlarına uygunluğu kabul görmüş ürünlerin ithalatına izin vermektedirler.

4. Sonuç

Yonga levha ve yongalam ürünlerinin üretim sürecinde, bu ürünlerden üretilen mobilya ve donatılarının son kullanım alanlarında açığa çıkan formaldehit gazı ve uçucu organik bileşenler insan sağlığına zarar vermektedir.

Bu çalışmada, TS 4894 EN 120 (1999) yöntemine göre 8 mm ve 18 mm yongalamlardaki formaldehit gaz salınımı ölçülmüştür. En düşük formaldehit gaz emisyonunun 18 mm levhada 4,80 mg/100 g olduğu görülmüştür. Formaldehit gaz ölçümü ≤ 8 mg/100g E1 sınıfı aralığında yer almıştır.

18 mm yongalam ürünler E1 standardında iken 8 mm yongalam ürünler E2 standardında yer almaktadır.

Üre - formaldehit bazlı reçine ile üretilen ahşap esaslı kompozit levhalardan üretilen mobilyalar; düzenli olarak ortama formaldehit emisyonu yaymaktadır. Ortamdaki formaldehit emisyon değerinin yüksek olması insanlarda sağlık problemlerine yol açmasıyla direkt ilişkilendirmişlerdir (Aksakal ve ark., 2005).

Bu nedenle formaldehit içerikli ürünlerin üretiminden son kullanıcıya kadar gecen süreçte ve formaldehit içerikli ürünlerden üretilen iç mekân yaşam alanlarına ait mobilya ve dekorasyon ürün donatılarında uluslararası yasal sınır referans aralığı alınarak gerekli önlemlerin alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ahşap bazlı levha ürünlerinin formaldehit gaz emisyonları ve uçucu organik bileşikler (VOC) üzerine sürekli olarak yasal düzenlemeler ve standartlar geliştirilmektedir. Böylece formaldehitin çevreye ve insan sağlığına olan zararlarının minimum düzeye indirilmesi amaçlanmaktadır. Ahşap bazlı levha üreticilerine formaldehit gaz emisyonu yasal düzenleme sınırları getirilmesi sonucunda, üretici firmalar hem formaldehit içerikli reçineler üzerine ar-ge çalışmalarını artıracak hem de uluslararası piyasada ithalat üstünlüğü elde etmiş olabileceklerdir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Aksakal FN., Vaizoglu SA., Güler Ç. Mobilyadaki kimyasallar ve sağlık etkileri. STED/Sürekli Tıp Eğitim Dergisi, 2005; 14(12): 268-272.
- Akbulut T. Taslak rutubeti ve F/Ü mol oranının formaldehit emisyonu ve yongalevhaların bazı teknolojik özellikleri üzerine etkisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 1998; 48(2): 23-39.
- ASTMD6007-02. Standard test method for determining formaldehyde concentration in air from wood products using small-scale chamber, April 2002, American Standard.
- Battelle. Determination of formaldehyde and diisocyanate emissions from indoor residential sources. Final Report 1996; CARB contract no:93-315 Research Division Sacramento, CA.
- Boran S., Usta M. Odun esaslı panellerde açığa çıkan formaldehit ve formaldehit sınırları hakkında bilgiler. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010. V: 1968-1975, Artvin.
- Çolakoğlu G. Kontrplak üretim şartlarının formaldehit emisyonu ve teknik özelliklere etkisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, sayfa no:135, Trabzon, Türkiye,1993.
- Çamlıbel O. Influence of the multiday and continuous hot press on the physical, mechanical and formaldehyde emission properties of the particleboard. Maderas-Cienc Tecnol 2023; 25(9): 1-27.

- Çamlıbel O., Ayata Ü. Yüksek yoğunluklu lif levhalarda (HDF) bazı fiziksel, mekanik ve formaldehit emisyonu üzerine mol oranının etkisi. Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Teori ve Araştırmalar, Gece Kitaplığı Yayınevi, Ankara, Türkiye, Genel Yayın Yönetmeni: Eda Altunel, Editör: Nigâr Yarpuz Bozdoğan 19 Eylül 2020; 1-16.
- Çamlıbel O. Farklı mol oranlarıyla sentezlenen üre reçinelerinin yüksek yoğunlukta lif levhaların (HDF) fiziksel özelliklerine ve formaldehit emisyonuna etkisi. Türkiye Ormancılık Dergisi 2021; 22(1): 49-55.
- California Air Resources Board (CARB). Proposed airborne toxic control measure (ATCM) to reduce formaldehyde emissions from composite wood products”. California, USA. 2007. https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/barcu/regact/2007/compwood07/fro-final.pdf?_ga=2.209868048.487140327.1698695626-176281968.1698695625 . Erişim Tarihi: 10.05.2023.
- California Air Resources Board (CARB). Results of international interlaboratory comparison of composite wood product third party certifiers (TPC),” State of California: California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, California, USA. 2010. <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/composite-wood-products-program/resources>. Erişim Tarihi: 29.10.2023.
- Davis G., Dhingra R. Choose green report 2001; Tennessee, Green Seal.
- Doğan K., Kaymakçı A. Farklı formaldehit/üre oranına sahip UF tutkalı ile üretilmiş yönlendirilmiş yonga levhaların (OSB) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi 2022; 5(2): 167-173.
- Güller B. Odun kompozitleri. Turkish Journal of Forestry 2001; 2(1): 135-160.
- Gündüz M., Ayan S. Melamin kaplı yonga ve lif levhalarda formaldehit emisyonu belirleme yöntemleri. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi 2014; 2: 433-443.
- Gündüz M. Bazı ahşap esaslı levhaların oda ve gaz analiz metoduna göre formaldehit emisyonlarının belirlenmesi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 37, Düzce, Türkiye, 2015.
- Emri G., Schaefer D., Held B., Herbst C., Zieger W., Horkay I., Bayerl C. Low concentrations of formaldehyde induce DNA damage and delay DNA repair after UV irradiation in human skin cells. Experimental Dermatology 2004; 13(5): 305-315.
- ISO/DIS12460. Wood-based panels—determination of formaldehyde release—formaldehyde emission by the 1m³ chamber method Draft, International Standard, January 2005.
- JISA1460. Building boards. Determination of formaldehyde emission—desiccator method, Japanese Industrial Standard, Japan, March 2001.
- Kaptı T., Ayrılmış N. Ahşap esaslı levhalardan ayrılan formaldehit emisyonu ve organik uçucu bileşikler için yönetmelikler ve standartlar. Uluslararası Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Konferansı Kapadokya (Imstec’16), 6-8 Nisan 2016, sayfa no 4: Nevşehir.

- Kim S., Kim JA., An HY., Kim HJ., Kim SD., Park JC. TVOC and formaldehyde emission behaviors from flooring materials bonded with environmental friendly MF/PVAc hybrid resins. *Indoor Air* 2007; 17(5): 404-415.
- Keskin H., Tekin A. Farklı ortam koşullarında kompozit mobilya elemanlarından kaynaklanan formaldehit emisyonunun belirlenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 2015; 15(1): 120-132.
- Özlüsoy İ. Üre formaldehit tutkalının sodyumkarboksimetilselüloz ile modifikasyonun yonga levhaların bazı özellikleri üzerine etkisi, *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, sayfa no: 88, Bartın, Türkiye, 2016.
- Risholm-Sundman M., Larsen A., Vestin E., Weibull A. Formaldehyde emission-comparison of different standard methods. *Atmospheric Environment* 2007; 41(15): 3193-320.
- Salem MZM., Böhma M., JSrbac A., Beránková J. Evaluation of formaldehyde emission from different types of wood-based panels and flooring materials using different standard test methods. *Building and Environment* 2012; 49: 86-96.
- Salem MZM., Böhm, M. Understanding of formaldehyde emissions from solid wood: An overview. *BioResources* 2013; 8(3): 4775-4790.
- Sıradağ H. Laminat parkelerde bekleme süresine bağlı olarak serbest formaldehit değişimi, *Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, sayfa no: 185, Bartın, Türkiye, 2019.
- Subaşı T., Çınar H., Çağatay K. Mobilya Sektöründe kullanılan kompozit malzemelerin insan yaşamına ve çevreye etkileri. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi* 2017; 6(3): 557-571.
- Şahin HT., Kaya Aİ., Sütçü A., Usta P., Çiçekler M., Bozkurt C. Ahşap esaslı malzemelerden formaldehit emisyonu ve etkileri. *Laminart* 2011; 73: 116-119.
- TS 4894 EN 120. Ahşap esaslı levhalar-formaldehit miktarının tayini- ekstraksiyon metodu ile formaldehit ayırma, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 1999.*
- TS EN 717-1. Ahşap esaslı levhalar-formaldehit salınımının tayini-bölüm1: oda metodu ile formaldehit yayılması, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2006.*
- TS EN 717-2. Ahşap esaslı levhalar-formaldehit ayrışması tayini-bölüm2: gaz analiz metodu ile formaldehit ayrışması, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 1999.*
- TS EN 717-3. Ahşap esaslı levhalar-formaldehit ayrışması tayini-bölüm3: Flask metodu ile formaldehit ayrışması, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 1999.*
- TS EN 13986. Yapılarda kullanılan ahşap esaslı levhalar-karakteristikler, uygunluğun değerlendirilmesi ve işaretleme, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2007.*
- URL-1. European Regulation for Formaldehyde, 2020, <http://owic.oregonstate.edu/sites/default/files/pubs/Schwab.pdf>. Erişim Tarihi: 15 Haziran 2023
- URL-2. Autonomous Agreement on a European Action Guide regarding the prevention of formaldehyde exposure in the European panel industry and compliance with the occupational exposure limits,

2018, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://europanel.org/wp-content/uploads/2022/01/epf-broch-formaldehyde-eng.pdf. Erişim Tarihi: 20 Haziran 2023

Yeşil H. Kontrplaklarda tutkal karışımına ilave edilen boraksın mekanik özelliklere ve formaldehit emisyonuna etkisi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Sayfa no:23, Kütahya, Türkiye, 2008.