

**KOMPOZİT MOBİLYA ELEMANLARININ VOC
EMİSYONUNUN BELİRLENMESİ VE EMİSYONU
AZALTICI İŞLEMLERİN GELİŞTİRİLMESİ**

Proje No: 112O410

Prof. Dr. Hakan KESKİN
Ahmet TEKİN

KASIM 2013
ANKARA

ÖNSÖZ

Artan ihtiyaçlara, sınırlı olan doğal orman ürünleri ile cevap vermenin zorlaştığı, üretim yöntem ve tekniklerinin geliştiği günümüzde ahşap malzemeler, çeşitli form ve yapılara dönüştürülerek kullanılmaktadır.

Hammaddesi ağaç olan kompozit mobilya elemanlarının üretilmeye başladığı günlerde öncelikle irdelenen özellikler, stabilite, yüksek mukavemet, ekonomiklik, ulaşılabilirlik iken son 20-30 yılda, yapılan sağlık araştırmaları ve tanımlanan insan sağlığına olumsuz etkileri sebebiyle ahşap esaslı kompozit malzemelerden kaynaklı “formaldehit emisyonu” da irdelenen özellikler arasında yerini almıştır.

İnsan yaşamının her alanında (ev, okul, hastane, büro vb.) yer alan formaldehit kaynağı olan kompozit mobilya elemanlarının VOC (formaldehit) emisyonunun belirlenmesi ve emisyonu azaltıcı işlemlerin geliştirilmesi bu çalışmanın temelini oluşturmuş olup, proje Türkiye Bilim ve Teknoloji Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 1002 - Hızlı Destek Programı kapsamında 12 ay süre (01/10/2012-01/10/2013) ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
TABLO LİSTESİ	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
3. GEREÇ VE YÖNTEM	11
3.1. Gereç.....	11
3.1.1. Ağaç Malzeme.....	11
3.1.2. Tutkallar	13
3.1.3. Emprenye Malzemeleri.....	14
3.1.4. Formaldehit Emisyonu	14
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Ağaç Malzemelerin Yoğunlukları	16
3.2.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması	16
3.2.3. Deney Örneklerinin Verniklenmesi.....	19
3.2.4. Vernik Katı Madde Miktarı Tayini	19
3.2.5. Kuru Film Kalınlığı Tayini.....	19
3.2.6. Deney Örneklerinin Emprenyelenmesi	20
3.2.7. Retensiyon Miktarı Tayini	20
3.2.8. Formaldehit Emisyonu Tayini	21
3.2.9. Verilerin Değerlendirilmesi.....	21
4. BULGULAR.....	21
4.1. Hava Kurusu Yoğunluk Değerleri	21
4.2. Vernik Katı Madde Miktarı Değerleri	22
4.3. Kuru Film Kalınlığı Değerleri	22
4.4. Retensiyon Miktarı Değerleri.....	22
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	66
6. KAYNAKLAR.....	74

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Bazı yapı ürünlerinden kaynaklanan kirleticiler ve kullanıcı sağlığına etkileri.....	2
Tablo 2. Sarıçam odununun bazı teknolojik özellikleri	12
Tablo 3. Doğu kayını odununun bazı teknolojik özellikleri.....	13
Tablo 4. Avrupa'da kabul edilebilen formaldehit sınır değerleri	15
Tablo 5. Masif malzemeye ait deney örnek sayıları	17
Tablo 6. Masif levhalara ait deney örnek sayıları	17
Tablo 7. Tabakalı ağaç malzemeye ait deney örnek sayıları	18
Tablo 8. İşlemli tabakalı ağaç malzemeye ait deney örnek sayıları.....	18
Tablo 9. Hava kurusu yoğunluk değerleri (g/cm ³)	21
Tablo 10. Vernik katı madde miktarı değerleri (Ağırlıkça %)	22
Tablo 11. Vernik katman kalınlığı değerleri (µm)	22
Tablo 12. Retensiyon miktarı değerleri (kg/m ³).....	22
Tablo 13. Masif malzeme çoklu varyans analizi sonuçları.....	23
Tablo 14. Ağaç türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	24
Tablo 15. Emprenye işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	24
Tablo 16. Ağaç türü ve emprenye işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	25
Tablo 17. Vernik işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	26
Tablo 18. Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	27
Tablo 19. Emprenye işlemi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	28
Tablo 20. Ağaç türü, emprenye işlemi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	29
Tablo 21. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm).....	30
Tablo 22. Ağaç türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	31
Tablo 23. Emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	32
Tablo 24. Ağaç türü, emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	33
Tablo 25. Vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	34

Tablo 26. Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	35
Tablo 27. Emprenye işlemi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	36
Tablo 28. Ağaç türü, emprenye işlemi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	37
Tablo 29. Masif levha çoklu varyans analizi sonuçları	39
Tablo 30. Ağaç türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm).....	39
Tablo 31. Tutkal çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	40
Tablo 32. Ağaç türü ve tutkal çeşidi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	41
Tablo 33. Vernik işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)	42
Tablo 34. Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	43
Tablo 35. Tutkal çeşidi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	44
Tablo 36. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	45
Tablo 37. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)	46
Tablo 38. Ağaç türü ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	47
Tablo 39. Tutkal çeşidi ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	48
Tablo 40. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	49
Tablo 41. Vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	50
Tablo 42. Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	51
Tablo 43. Tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	52
Tablo 44. Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	53
Tablo 45. Tabakalı ağaç malzeme çoklu varyans analizi sonuçları	54
Tablo 46. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	55
Tablo 47. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	56

Tablo 48. Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	57
Tablo 49. İşlemlili tabakalı ağaç malzeme çoklu varyans analizi sonuçları	58
Tablo 50. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	58
Tablo 51. Deney örneklerinin kenarlarının kaplanmamış ve kaplanmış olmasına göre ortalama formaldehit emisyon değerleri	59
Tablo 52. Tabakalı ağaç malzeme türü ve işlem çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	60
Tablo 53. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	61
Tablo 54. Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	62
Tablo 55. İşlem çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	63
Tablo 56. Tabakalı ağaç malzeme türü, işlem çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	64

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Bazı levhaların üst yüzey işlemlerinin VOC emisyonuna etkisi.....	9
Şekil 2. El tipi formaldehit(HCHO) gaz dedektörü çalışma prensibi.....	10
Şekil 3. Ağaç türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	24
Şekil 4. Emprenye işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	25
Şekil 5. Ağaç türü ve emprenye işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	26
Şekil 6. Vernik işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	27
Şekil 7. Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	28
Şekil 8. Emprenye ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	29
Şekil 9. Ağaç türü, emprenye işlemi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	30
Şekil 10. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	31
Şekil 11. Ağaç türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	32
Şekil 12. Emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	33
Şekil 13. Ağaç türü, emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	34
Şekil 14. Vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	35
Şekil 15. Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	36
Şekil 16. Emprenye işlemi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	37
Şekil 17. Ağaç türü, emprenye işlemi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	38
Şekil 18. Ağaç türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	40
Şekil 19. Tutkal çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri.....	41
Şekil 20. Ağaç türü ve tutkal çeşidi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	42
Şekil 21. Vernik işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	43
Şekil 22. Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	44

Şekil 23. Tutkal çeşidi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	45
Şekil 24. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	46
Şekil 25. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	47
Şekil 26. Ağaç türü ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	48
Şekil 27. Tutkal çeşidi ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	49
Şekil 28. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	50
Şekil 29. Vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	51
Şekil 30. Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	52
Şekil 31. Tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	53
Şekil 32. Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	54
Şekil 33. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	55
Şekil 34. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	56
Şekil 35. Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	57
Şekil 36. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	59
Şekil 37. Deney örneklerinin kenarlarının kaplanmamış ve kaplanmış olmasına göre ortalama formaldehit emisyon değerleri	60
Şekil 38. Tabakalı ağaç malzeme türü ve işlem çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	61
Şekil 39. Tabakalı ağaç malzeme türü ve işlem çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	62
Şekil 40. Tabakalı ağaç malzeme türü ve ortam etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	63
Şekil 41. İşlem çeşidi ve ortam etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	64
Şekil 42. Tabakalı ağaç malzeme türü, işlem çeşidi ve ortam etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri	65

ÖZET

Bu çalışma, kompozit mobilya elemanlarından kaynaklanan VOC (formaldehit) emisyonunu belirlemek, ülkemiz mobilya üretim sektöründe uygulanan çeşitli işlemlerin (emprenye yapma, tutkallama, vernikleme vb.) ve kullanım ortamlarının formaldehit emisyon miktarına etkisini belirlemek ve emisyonu azaltıcı işlemlerin geliştirilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu maksatla, mobilya üretim endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ahşap esaslı levhalar (yonga levha, liflevha, kontrplak, suntalam, MDFlam), ağaç malzemeler (Doğu kayını, Sarıçam), çeşitli tutkallar (Fenol formaldehit, Üre formaldehit), vernik (selülozik) ve emprenye maddesi (Imersol-Aqua) ile işlem yapılmış çeşitli kompozit mobilya deney örnekleri kullanılmıştır. Deney örneklerinin hazırlanmasında TS 2470 ve EN 326-1 standartları kullanılmıştır. Hazırlanan deney örnekleri, hava geçirmeyecek şekilde sıkıca sarılarak, deney başlayıncaya kadar sarılı bekletilmiş ve deneyler 1.Ortam (10°C Sıcaklık - %95 Nem (Kış ve Rutubetli Ortam)); 2.Ortam (20°C Sıcaklık - %65 Nem (Bahar ve Ilık Ortam)) ve 3.Ortam (40°C Sıcaklık- %35 Nem-Yaz ve Kuru Ortam) olmak üzere 3 çeşit ortamda TS EN 717-1 esaslarına göre gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak, masif malzemede ağaç türü bakımından en yüksek formaldehit emisyonu sarıçamda (0,3147 ppm), en düşük Doğu kayınında (0,2979 ppm) bulunmuştur. Masif levhada en yüksek formaldehit emisyonu Ç+UF+VZ'de (0,6603 ppm) en düşük K+FF+VL'de (0,4174 ppm) bulunmuştur. Deney ortamına göre en yüksek değer 3. ortamda, en düşük değer ise 1. ortamda ölçülmüştür. Tabakalı ağaç malzemede yonga levha 3. deney ortamında en yüksek formaldehit emisyonu değerini (1,424 ppm) , en düşük değeri (0,3146 ppm) ise kayın kontrplak 1. deney ortamında vermiştir. Kenarları kaplanmış suntalam ve MDFlam örneklerinden kenarlı açık MDFlam ve suntalam örneklerine göre daha az emisyon yayılmıştır. Bu sonuçlara göre, masif malzeme kullanımında emprenye yapılması, masif levhaların verniklenmesi; tabakalı ağaç malzeme kullanımında kenarların kaplamalı olmasının emisyonu azaltabileceği, sıcaklığın fazla olduğu yerlerde tabakalı ağaç malzemenin kullanılmasının ortam formaldehit emisyonunu artırabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: VOC (formaldehit) Emisyonu, Ahşap Esaslı Malzeme, Emprenye, Vernik, Tutkal

ABSTRACT

This study was performed to determine the impact of VOC (formaldehyde) emission amount, in which, variety process (impregnation, agglutination, varnishing, painting etc.) applied in furniture production sector in our country, and effect of using settings to formaldehyde emission amount; and develop to process of reducing emission Therefore the wood-based panels (particleboard, fiberboard, plywood, chipboard, MDFlam), the wooden materials (oriental beech, scotchpine) and variety glues (Phenol-formaldehyde, urea-formaldehyde), varnish(cellulosic) and impregnation substance (Imersol-Aqua) processed variety furniture samples, commonly used in furniture industry, were used. In the preparation of test samples, TS 2470 and EN 326-1 standards was used. The prepared test samples were tightly wrapped hermetically and kept as wrapped until the test started and the tests were realized according to the TS EN 717-1 principles in 3 different environments as the 1st environment (10 degrees temperature – 95% humidity (winter and humid environment)); 2nd environment (20 degrees temperature – 65% humidity (spring and warm environment)) and 3rd environment (40 degrees temperature - 35% humidity (summer and dry environment)).

As a consequence, recording to different species in wooden material, the highest formaldehyde emission (0,3147 ppm) was found in scotchpine, and the lowest (0,2979 ppm) was found oriental beech. In wooden board, the highest formaldehyde emission was found in Ç+UF+VZ (0,6603 ppm) and the lowest (0,2979 ppm) was found in K+FF+VL (0,4174 ppm). According to experimental outcomes, the highest value was measured in the third settings, and the lowest value was measured in the first. With the wood-based panels, particleboard gave the highest formaldehyde emission value in the third experiment setting (1,424 ppm), whereas the beech plywood gave the lowest formaldehyde emission value (0,3146 ppm) in the first setting. Less emission was diffused with edge lining MDFlam and chipboard than open edged samples. According to these results, impregnation in wooden material, varnishing in wooden board and edge lining process in wood-based material reduces the emission. It can be also said that in places with high temperature and using wood-based material incerase formaldehyde emission.

Keywords: VOC (formaldehyde) emission, wood-based material, impregnation, varnish, glue

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda verilmiştir.

Simgeler

S

Standart sapma

V

Varyans

X

Aritmetik ortalama

N

Örnek sayısı

s

Standart sapma

LSD

En küçük önemli fark

Kısaltmalar

Ç

Sarıçam

K

Doğu kayını

EZ

Emprenye yapılmamış

EL

Emprenye yapılmış

VZ

Vernikleme yapılmamış

VL

Vernikleme yapılmış

O1

1.Ortam (10°C Sıcaklık- %95 Nem)

O2

2.Ortam (20°C Sıcaklık- %65 Nem)

O3

3.Ortam (40°C Sıcaklık- %35 Nem)

UF

Üre formaldehit tutkal

FF

Fenol formaldehit tutkal

YL

Yonga levha

MDF

Lif levha

ML

MDFlam

SL

Suntalam

KVK

Kavak kontrplak

KYK

Kayın kontrplak

KMZ

Kenarları kaplanmamış

KML

Kenarları kaplanmış

HG

Homojenlik grupları

ppm

Parts per million

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojik imkânların gelişmesiyle, ahşap malzemenin kullanım alanları genişlemiş, maliyetlerin düşmesi ve üretim sürelerinin kısalması ile ahşap ve türevi ürünlere ulaşılabilirlik artmıştır. İlk dönemlerde ahşap malzeme doğada bulunduğu ham halde kullanılırken son yıllarda artan ihtiyaç miktarı ve çeşitliliğine cevap verebilmek için ahşap esaslı levha kullanımı ön plana çıkmıştır.

Ağacın hammadde olarak kullanılması ve çeşitli üretim teknikleri ile fabrika şartlarında oluşturulan ahşap esaslı levhalar (Yonga levha, Lif levha, kontrplak, kontrtabla, suntalam, MDFlam, OSB, LVL vb.) boyut serbestliği, stabilite, yüksek mukavemet, ucuzluk, anizotrop ve higroskopik sınırların genişliği, ekonomik oluşundan dolayı önemli tüketim oranlarına sahiptir.

Bu levhaların üretiminde ve kullanımı esnasında odun türü, reçine miktarı ve tipi, ilave maddeler (sertleştirici ve tutkallar) sebebiyle formaldehit emisyonu gibi ortaya büyük bir sorun çıkmıştır (Çolakoğlu, 1993). Ahşap esaslı levha kullanımının son yıllarda artması, levha üretiminde ağaç yongaları dışında, yapıya katılan madde çeşitliliğinin ve kullanım oranlarının yükselmesi, daha önceleri dikkate alınmayan ve standartlarda incelenmeyen formaldehitin insan sağlığı üzerine etkilerine dikkatleri çekmiş ve bu konuda çeşitli araştırmalar yapılarak sonuçlar ortaya konulmuştur Tablo 1’de VOC emisyonunun kullanıcı sağlığına etkileri verilmiştir (Taygun ve Balanlı, 2005).

Mobiler mobilya sistemleri, kişiye, isteğe ve mekâna özel tasarım uygulamaları ile seri üretim şartları ve online satış – pazarlama koşullarının gelişmesi neticesinde tüketicinin mobilya ürünlerine ulaşımı kolaylaşmıştır. Tüketiciler, portatif ayakkabılık, kitaplık vb. ürünleri ev ortamında kullanıma hazır hale getirebilmek için yarı mamul ürününü, VOC emisyon çıkış noktaları (menteseler, kenar bantlar, vida delikleri, kapaklar vb.) ile ilgili herhangi bir önlem almadan kullanmaktadır. Birleştirmeyi sağlayan ilave elamanlar kullanarak mobilyayı kararlı hale getirmekte ve bu elemanlar çoğunlukla üre formaldehit tutkal kullanılarak oluşan MDF ve Yonga levhadan üretilmiş mobilyadan ilave emisyon yayılım noktaları oluşturmaktadır. TSE’ye göre kullanım öncesi alınması gereken birçok standartlar bulunmaktadır. Kapalı alanlarda kullanımı yaygın olan levha mobilyalar için yaydıkları emisyon miktarı ile ilgili zorunlu bir standart uygulaması yoktur.

Tablo 1.Bazı yapı ürünlerinden kaynaklanan kirleticiler ve kullanıcı sağlığına etkileri

KİRLETİCİ		KİRLETİCİNİN BULUNDUĞU YAPI ÜRÜNÜ	KULLANICI SAĞLIĞINA ETKİLERİ
VOC	Benzen	Mobilyalar, boyalar, kaplamalar	Kanser
	Formaldehit	Kontrplak, halı ve laminat yapıştırıcıları, boyalar, yalıtım ürünleri	Göz yanması ve yaşarması
	Tolien	Yapıştırıcılar, döşeme kaplamaları, boyalar	Bitkinlik, koordinasyon bozukluğu, uykusuzluk, göz rahatsızlıkları
Asbest		Yalıtım ürünleri, bazı döşeme ve tavan kaplamaları, eski sıvalar	Asbestosis, akciğer kanseri, mezotelyoma,plevra tümörü
Radon		Beton, tuğla, granit, alçı, agrega	Akciğer kanseri
Polivinilklorür (PVC)		Doğrama profilleri, kaplama, çatı örtüsü, duvar kâğıdı, boru oluk, elektrik döşemesi	Baş dönmesi, bitkinlik, baygınlık, baş ağrısı, bulantı, gözlerde yanma, uyku düzensizliği, bellek yitimi, işitme bozuklukları, sinirlilik, deride kalınlaşma, parmak ucu kemiklerde değişiklikler, parmaklarda kan dolaşımının bozulması, çarpıntı, kalp krizi, bağışıklık sistemi zayıflığı, üreme organları bozukluğu, karaciğer, akciğer, mide, beyin, kan ve lenf kanseri

Küresel enerji sarfiyatının artması sonucu zorunlu olarak alınan tasarruf tedbirlerinden biri olan bina mantolama yöntemleri, iç–dış mekân hava sirkülasyonunu azaltmıştır. Bu sebepten dolayı, iç mekânda insan sağlığını etkileyecek oranlarda formaldehit emisyonu birikmeye başlamıştır (Baumann vd., 2000)

Ahşap esaslı levha kaynaklı formaldehit emisyonu iki şekilde değerlendirilebilmektedir. Bu durumlardan birincisi levhaların üretimi esnasında ortaya çıkan formaldehit salınımı; ikincisi ise ahşap levhaların kullanıldığı ortamlarda ortaya çıkan formaldehit salınımıdır. Üretim esnasında ortaya çıkan formaldehit salınımını azaltma girişimleri; kullanılan tutkal miktarının azaltılması, sertleştirici olarak amonyak tuzlarının kullanılması ve üretimde kullanılacak ahşap malzemenin nitrik asit ile emprenye edilmesi şeklinde sıralanabilir. Üretim anında ortaya çıkan formaldehit salınımı azaltmak, üreticinin alacağı önlemlere bağlı

olup, kullanım esnasında ortaya çıkabilecek formaldehit salınımını da doğrudan etkileyebilmektedir (Nemli,1995).

Bu projede, ahşap esaslı kompozit mobilya malzemelerinden açığa çıkan ve insan sağlığı için olumsuz etkileri fazla olan ve hemen hemen insanın bulunduğu tüm yaşam alanlarında karşılaştığı formaldehit emisyonunun ülkemiz iklim şartlarını simüle edecek şekilde çeşitli ortam şartlarında ölçülmesi planlanmıştır. Bu amaçla, meteorolojik veriler ışığında 3 çeşit ortam sıcaklığı ve nem belirlenmiştir. Bu üç ortamın ülkemiz iklim şartlarının özelliklerini taşımasına dikkat edilmiştir.

Formaldehit emisyonu ölçümü temel olarak TS EN 717-1 standardına göre yapılmış olup, projede hedeflenen sonuçlara ulaşılabilmesi ve standardın geliştirilebilmesi amacıyla standartta öngörülen ölçüm kriterleri baz alınarak farklı denemeler de yapılmıştır.

Ülkemizde bu konuda yapılmış çalışmaların az olması, yeni geliştirilen formaldehit ölçüm yöntemleriyle yapılmış çalışmaların azlığı, TSE standartlarının geliştirilmesi, ülke ihracatında bu alanda üretim öncesinde, esnasında ve sonrasında pratik, yaygınlaştırılabilir emisyon test tekniklerini ortaya koyma girişimi, ısı kaybının önüne geçilmesi için kullanılan çeşitli mantolama yöntemleriyle iç mekân hava sirkülasyonunun azalması nedeniyle iç mekan emisyonunun sağlığa etki seviyesinin araştırılması ve bu konuda alınabilecek önlemlerin ortaya konulabilmesi için bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yonga levha, MDF ve ofis mobilyalarından yayılan uçucu organik bileşikler, küçük oda test metodu ile ölçülmüş olup, tüm örnekler için elde edilen salınım miktarları Avrupa standartlarının iki katı çıkmıştır. Uzun süreli emisyon davranışları, kısa süreli ölçümlerle tahmin edilememiştir. VOC, MDF’de düşük, yonga levhada daha yüksek, lamine ofis mobilyalarında en yüksek çıkmıştır. (Brown, 1999).

Çin’de yapılan bir çalışmada ise formaldehit emisyonu ölçüm yöntemleri üzerinde durulmuş ve dünyada yaygın olarak kullanılan çeşitli test metotları kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuca göre mükemmel tek bir yöntemin olmadığı; her yöntemin tercihlere göre değişebilen avantajları ve dezavantajları olabileceği vurgulanmıştır (Zhu, 2009).

Yapılan bir diğer çalışmada iki farklı oda sıcaklığında (37°C ve 50°C) laminat, kontrplak, MDF, yonga levha gibi mobilya malzemeleri ve yer malzemelerinin iç mekân havasındaki formaldehit emisyonu miktarları tespit edilmiştir. Çalışma sonucuna göre MDF ve yonga levhaların kullanımının belirli şartlarda insan sağlığına olumsuz etkileri olmadığı, bu tür malzemelerin yüksek sıcaklıklarda (bu çalışma için 50°C) kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir (Kim ve Kim, 2005c).

Farklı sıcaklıklarda formaldehit salınımı değişimini izleyen bir başka çalışmada, çalışma için belirlenen 3 farklı (23 °C, 29°C ve 50°C) sıcaklık arasında 29°C’ den sonra emisyon oranında önemli artış olduğu tespit edilmiştir (Wiglusz vd., 2002).

Üretiminde farklı mol oranlarında üre-formaldehit (UF) kullanılan yonga levhaların yaydığı formaldehit emisyonu ile mol oranının doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir (Que vd., 2007).

Bir başka çalışmada formaldehit oranı düşük üre – formaldehit ile tutkallanmış kontrplaklarda formaldehit salınımının düşük olduğu bulunmuştur (Çolakoğlu, 1993).

Kavak ve ladin kontrplaklardaki formaldehit emisyonu değeri üre formaldehit tutkalda (UF) ve melamin eklenmiş üre formaldehit tutkalda (M+UF) kaplama rutubetinin yükselmesiyle düşmüştür. Bu çalışmada üre – formaldehit tutkala melamin katılarak elde edilen tutkal ile üretilen kontrplaklarda da salınımın düşük olduğu görülmüştür (Aydın, 2005).

Formaldehit salınımının insan sağlığına olan etkisinin tespitinde gerçeğe en yakın sonuçların elde edilebilmesi için oda metodunun en uygun metot olduğu

belirtilmiş olup, normal sıcaklık ve nem koşullarında ölçümlerin uygun olacağı bildirilmiştir (Yu ve Crump,1999).

Mobilya yüzey kaplamalarının emisyon dağılımına doğrudan etkisi olduğu, kaplama ve yüzey niteliğinin formaldehit yayılımında söz sahibi olduğu bildirilmiştir (William, 1986). Diğer bir çalışmada yüzey işlemlerinin formaldehit emisyonu oranını önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir (Per, 2001)

Bir diğer çalışmada, melamin formaldehit içerisine ağırlığın % 0,%30, %50, %70, %100 oranlarında PVAc eklenmiş, bu şekilde hazırlanan örneklerde PVAc oranı artıkça formaldehit emisyonunun azaldığı görülmüştür (Kim ve Kim, 2005a).

Formaldehit emisyonun sıcaklığa, bağıl neme, hava değişim düzeyine ve endojen (ağaç türleri, bağlayıcı seviyesi, bağlayıcı tipi, üretim koşulları vb.) faktörlere bağlı olduğunu vurgulan diğer bir çalışmada, ahşap panellerin yaşlanması ile formaldehit salınımının müthiş şekilde düştüğü ifade edilmiştir. Bu çalışmada en yüksek formaldehit salınımı değeri meşe (9 ppb) ve en düşük değer ise kayında (2 ppb) bulunmuştur (Roffael, 2006).

Diğer bir çalışmada da kenar sızdırmazlık, numunenin test öncesi iklimik özellikleri ve test anındaki sıcaklık gibi faktörlerin nihai emisyon sonuç üzerinde büyük bir etkisi olduğu ifade edilmiştir (Annelise vd., 2006).

Emprenye edilen malzemelerde formaldehit salınımının nasıl etkilendiği sorusuna cevap arandığı bir başka çalışmada, borlu bileşikler (borax) ile emprenye edilmiş kontrplak panellerde formaldehit salınımının azaldığı tespit edilmiştir. Formaldehit emisyonu ile emprenye arasında anlamlı bir ilişki olduğu mütalaa edilmiştir. Bir diğer çalışmada borax ve amonyum asetat ile emprenye edilen levhalardan daha az formaldehit emisyonu yayılmasına rağmen, borik asit ile emprenye etmenin emisyonu artıcı etkisi olduğu bulunmuştur. Aynı çalışmada ağaç türünün emisyonu olan etkisine yönelik irdilemede de kayın kontrplaklardaki salınımın kızılcağaç kontrplaklara göre daha düşük olduğu bulunmuştur (Çolak, 2002).

Bir diğer çalışmada kavak kontrplak formaldehit salınımının kayın ve okume kontrplaklara göre daha düşük olduğu bulunmuştur (Çolakoğlu, 1993).

Ceviz/badem kabukları kullanılarak üretilen yonga levhaların fiziksel, mekanik özellikleri ve formaldehit emisyonu üzerine etkisini inceleyen çalışmada; ceviz/badem kabukları gibi atıl tarımsal atıkların odun esaslı levha üretimine uygunluğu araştırılmıştır. Araştırmada yonga levhalar farklı oranlarda (%0, %10, %20, %30 ve %100) ceviz/badem kabukları ile üre-formaldehit reçine kullanılarak üretilmiştir. Üretilen levhaların mekanik, fiziksel özellikleri ve formaldehit

emisyonu özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda ceviz/badem kabukları ile üretilen yonga levhaların formaldehit emisyonunu değerlerini azalttığı bildirilmiştir. Yonga levhalarda ceviz/badem kabukları ilavesine bağlı olarak, formaldehit emisyon değerlerinin %100 odun yongaları ile üretilen yonga levhaların formaldehit emisyon değerlerinden %5,7'den % 42.8'e kadar daha düşük çıktığı ifade edilmiştir. Yonga levhalardaki ceviz/badem kabuğu oranının artması ile formaldehit emisyon seviyesinin azalması, ceviz/badem kabuğundaki ekstraktiflerin yüksek miktarda olmasına bağlanabileceği, kabuklardaki polifenolik ekstraktif, özellikle taninin yüksek miktarda olmasına bağlı olabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca dekoratif kaplamalar ile kaplama yapmanın panellerin yüzeylerindeki serbest formaldehiti ortadan kaldırmak için kullanılabileceği açıklanmıştır. Ayrıca ahşap esaslı levhaların işlem süreçlerinin formaldehit emisyonunda önemli bir rolü olduğu ifade edilmiş, daha yüksek bir pres çevrim süresinin kullanımda daha düşük formaldehit emisyonuna etki ettiği söylenmiştir. Kaydedilmesi gereken bir diğer hususun da Nano-SiO₂ ve nanokil gibi nanopartiküller kullanarak bu ürünlerin güçlü emilimi ve formaldehit tutucu gibi yüksek bariyer özelliği (koruyucu etkisi) nedeniyle çok dikkat çekecek potansiyeli olduğu ifade edilmiştir. Yonga imalatında hammadde veya dolgu maddesi olarak ceviz/badem kabuklarının düşük şişme kalınlığı, su emme ve formaldehit emisyonu nedeniyle kapalı alanda çevresel alternatif ürün olarak kullanımı bu çalışmayı yapan araştırmacılar tarafından önerilmiştir (Pirayesh vd., 2013)

Bir diğer çalışmada, ahşap esaslı kompozit malzemelerin çevre ve insan sağlığı üzerine etkilerinin değerlendirilmesi bakımından formaldehit emisyonunun kritik önemde olduğu, değişik ülkelerde kullanılan deney yöntemlerinin farklı olduğu ifade edilmiştir. Bu amaçla karşılaştırma çalışması, ABD'de yaygın olarak kullanılan test yöntemlerinden, büyük oda ASTM E 1333-10 ve Japon desikatöre yöntemi JIS A 1460-2001 arasında yapılmıştır. Çalışmada deney örneği olarak 16 mm'lik kaplanmamış yonga levha ve MDF kullanılmış, farklı iklimlendirme koşulları altında, hava değişim oranları ve yükleme oranlarına göre formaldehit emisyonu miktarları ölçülmüştür. Yükleme oranlarının azaltılması durumunda büyük oda metodu ile desikatöre testi sonuçları arasında yonga levha için iyi korelasyon elde edilebildiği açıklanmıştır. Yükleme oranının düşüklüğü her iki yöntemde de birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Hava değişim oranları araştırmanın sonuçları üzerine bazı etkilere sahip olmakla birlikte, farklı hava değişim oranları arasındaki sonuçlar arasında yakın değerler verdiği bildirilmiştir (Que vd., 2013a)

Bir başka çalışmada ise, yapı ürünlerinin kontrollü veya kontrolsüz olarak iklimsel koşullara bağlı olarak, kapalı ortamlarda önemli ölçüde iç hava kalitesini (IAQ) etkileyebildiği ifade edilmiştir. Yapı malzemelerinin formaldehit emisyonuna katkısı ve kapalı ortam hava kirliliği adsorpsiyon/desorpsiyon davranışlarına etkileri için paslanmaz çelikten özel yapılmış klima-kontrollü, 48m³'lük ev ortamı, bu test incelemesi için kullanılmıştır. Bu çalışma kapalı alan hava formaldehit konsantrasyonu ile ilgili olarak sipariş üzerine özel kurulmuş test odasındaki emisyon, adsorpsiyon / desorpsiyon ve difüzyon etkileri etkileşimi üzerine odaklanmıştır. Bu test odası 48m³'lük çelik konstrüksiyon olup, bilgisayar kontrollü değişik iklim koşullarına göre oluşturulmuştur. Tavan döşemeleri, alçıpan, duvar kaplamaları, zemin kaplamaları ve mobilya gibi uygulanan yapı malzemeleri göz önüne alınarak birkaç hafta evin havasındaki formaldehit konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu çalışma gerçek kapalı alan hava konsantrasyonunda birden çok parametre tarafından formaldehitin etkisini ortaya koymuştur. Adsorpsiyon / desorpsiyon yanı sıra difüzyonun ayrıca kapalı formaldehit düzeyleri üzerine malzeme katkısı değerlendirilmesinde dikkate alınması gerektiği ifade edilmiştir (Gunschera vd.,2013).

Bir diğer çalışmada MDF, kontrplak, kaplamalı ve ham yonga levha, planyalanmış çam kereste ve alçıpan gibi odun-esaslı kompozitlerden kaynaklı VOC ve formaldehit emisyonu testlerinin tekrarlanabilirliği değerlendirilmiş; testere tozu ve talaş da çalışmaya dahil edilmiştir. En çok yayılan uçucu organik bileşikler olarak terpenler, aldehytler ve aromatikler bulunmuştur. Çam ahşap örnekte yüksek VOC (yaklaşık 900 lg/m³) saptanmış; kaplanmamış yonga 450 lg/m³ ile ikinci en yüksek değeri göstermiştir. Diğer incelenen malzemelerin VOC değeri 80-170 lg/m³ arasında elde edilmiştir. MF veya MUF film kaplı yonga levhada kaplama baskısından hem sonraki VOC nispeten yüksek çıkmıştır. Bunun nedeninin filmdeki organik yayılmalar olduğu sunulmuştur. Bir ay sonra yapılan ölçümde ise, 100 ve 150 lg/m³ arasındaki değerleri bulunmuştur. İncelenen malzemelerin çoğu gibi MDF numunesinde de düşük VOC emisyonu bulunmuştur. Taze yonga çam ahşaptan sonraki (450 lg/m³) en yüksek VOC emisyon değerini vermiştir. Çoğunlukla terpenlerden oluşan VOC kaplamalı yonga levhada düşük çıkmış, kaplamalı bu malzemenin, bu nedenle kapalı ortam açısından çok iyi olarak sınıflandırılması gerektiği ifade edilmiştir (Que vd., 2013b)

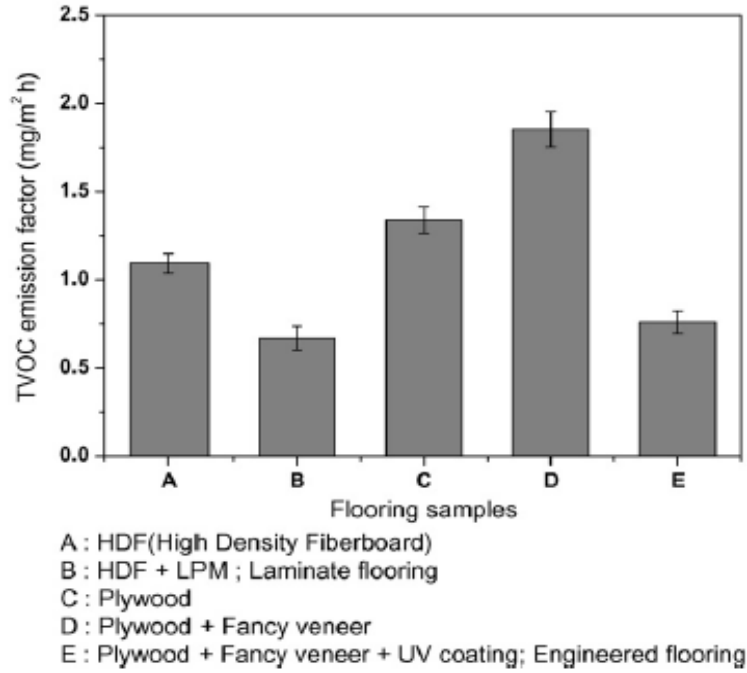
İnşa malzemeleri için çeşitli oranlarda üre-formaldehit konsantrasyonu ile üretilen ahşap bazlı kompozitlerden kaynaklı iç ortam formaldehit emisyonunun azaltılmasına yönelik yapılan bir çalışmada; formaldehit emisyonunun minimum

değerinin %15 oranında üre konsantrasyonu eklenerek üretilmiş örneklerde ölçüldüğü açıklanmıştır. İşlem yapılan levhaların formaldehit serbest karşılaştırılması sonucu işlem yapılmamış olanlar ile arasında iyileşme gözlenmiştir. Formaldehit emisyonu için elde edilen sonuçlarda serbest formaldehit önemli ölçüde azaltılmış olduğunu göstermiştir. Bu azalmanın nedeni saman levhası içinde serbest formaldehit ve üre penetrasyon reaksiyonudur. %10 ila %15'den üre konsantrasyonu arttırmak serbest formaldehit azalmaya neden olmuştur. %15 üre konsantrasyonu %10 üre konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında ile muamele levhaların da mukavemeti düşürmeye neden oldu. Üre miktarının yoğunlaşması ile formaldehit emisyon değerinin düşmüş olduğunu gösterilmiştir (Hematabadi vd., 2012)

Yonga levha, MDF, HDF, kontrplak, zemin kaplama malzemeleri (HDF, masif ahşap, masif bambu, ve PVC) kaynaklı formaldehit emisyonu (FE) ve içeriği farklı test metotları Avrupa küçük-Oda (EN 717-1), gaz analiz (EN 717-2), Amerikan küçük oda metodu (ASTM D 6007-02) ve perfaratör (EN 120) ile ölçülmüştür. Formaldehit emisyonu, anlamlı şekilde levha kalınlığı ve levha çeşidinden etkilenmiştir. Ancak kontrplak ve yonga levha için nem miktarının emisyonu anlamlı etkisi olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca formaldehit çıkışını, MDF ve HDF için 200g/m² yağ bazlı boya ile kaplanması işlemi emisyonu artırıcı etki yapmıştır. Dört test yöntemleri arasında 16mm'lik yonga levha arasında formaldehit değerlerine ilişkin güçlü bir pozitif korelasyon olduğu gösterilmiştir. Döşeme panelleri için FE, 0.003 ve 0.125 mg/m³ arasında elde edilmiştir. UV-kurutmalı tabaka ile PVC döşeme EN 717-1 ile ölçülen emisyon değerlerinin 0.003 ve 0.008 mg/m³. arasında değişmekte olduğu bildirilmiştir (Salem, 2012).

Çeşitli üretim süreçli ahşap esaslı zemin kaplama Formaldehit ve TVOC emisyonu kontrolü konulu diğer bir çalışmada; yüzey kaplama malzemeleri için çeşitli üretim aşamalarında üre-formaldehit reçine ile yapıştırılmış ahşap döşeme kompozitlerin formaldehit ve TVOC emisyon davranış test tekrarlanabilirliğinin değerlendirildiği diğer bir çalışmada, HDF üzerinde LPM ve UV kaplama uygulanmış lamine zemin için her bir üretim aşamasında bulunan emisyon potansiyelinin üretim basamaklarında azaltılabileceği ifade edilmiştir. Bu LPM ve UV kaplamalar kaplama malzemesi olarak görevi nedeniyle formaldehit ve TVOC emisyonunu azalttığı; Formaldehit ve TVOC emisyon dramatik estetik formaldehit bazlı reçine ile kontrplak üzerine bağlanmış, kaplama yaparken artmasına rağmen UV-kurutmalı kaplama kontrplak aynı emisyon seviyeleri geri döndürdüğü ifade edilmiştir. Zemin kaplamanın formaldehit ve VOC emisyonu

davranışının üst yüzey üretim aşamaları ile kontrol edilebileceği açıklanmıştır. Elde edilen bulgulara ait grafik Şekil 1’de verilmiştir (Kim, 2010a)



Şekil 1. Bazı levhaların üst yüzey işlemlerinin VOC emisyonuna etkisi

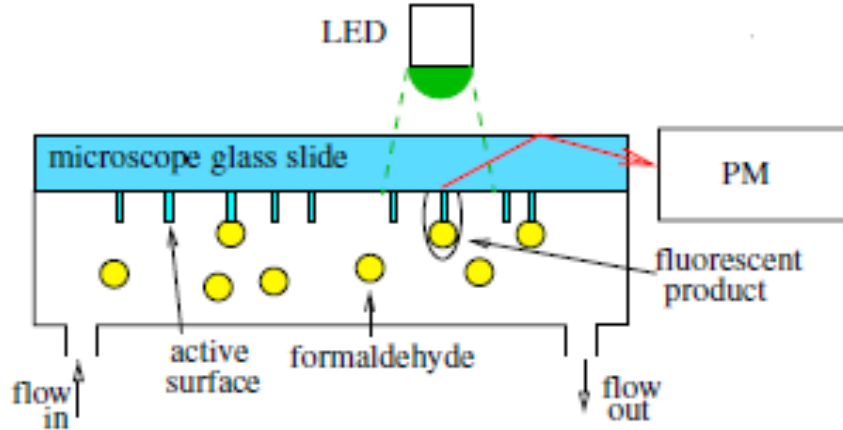
Ahşap türleri, kontrplak türü ve kalınlığının anlamlı olarak EN 717-2 ile ölçülen formaldehit emisyonu-nu etkilediği bildirilmiştir. İncelenen malzemelerden ilk formaldehit konsantrasyonları 0.006 mg/m³ (PVAc ile mühendislik döşeme) ile 0.048 mg/m³ (boyalı huş ağacı kontrtabla için) arasında değişmekte olduğu bildirilmiştir. Üretim sonrası ilk hafta içinde formaldehit emisyonlarının yüksek olduğu, ancak malzemelerin tüm ölçümlerin iki hafta sonra belirgin bir düşüş gösterdiği gösterilmiştir (Böhm vd. 2012)

Gerçek zamanlı yakın taşınabilir, hızlı ve yüksek duyarlı formaldehit algılama analizörleri üzerine yapılan diğer bir çalışmada; formaldehitin mobilya ve diğer birçok kaynaktan iç ortama yayılan renksiz bir gaz olduğu; 2006’da Kanser Araştırmaları Uluslararası Ajansı (IARC), formaldehiti düşük konsantrasyonlarda bile insanlarda kanserojen olarak sınıflandırılmıştır. Ölçüm yöntemlerinin bir çoğu için büyük boyutlarda olmaları, ağırlıkları, yüksek maliyetli olmaları, fazla ekipman ve sarf malzeme gereksinimleri, ve zaman alıcı olmaları olumsuzluklar olarak sıralanmıştır. Bu çalışmada son on yılda taşınabilir, yüksek duyarlı ve gerçek zamanlı formaldehit (HCHO) analizörlerinin gerçekleştirilmesi için yapılan gelişmeleri bildirmiştir. İki algılama yöntemleri ele alınmıştır. İlk yöntem adsorplayıcı ile takviye edilmiş yüzey renginin değişmesine yol açan formaldehit

ile reaksiyona giren hassas bir yüzey kullanarak formaldehit gazının direkt tespitini oluşturan yöntem; ikinci yöntem ise, bir sulu çözelti içine formaldehit konsantrasyonu alımından sonra HCHO tespitini esas alan yöntemdir. Renkölçer yada floresans temelli teknikler türev ürünün özelliklerini analiz işlemlerinde kullanılmaktadır (Alloucha vd., 2013).

Diğer çalışmada el tipi formaldehit (HCHO) gaz dedektörü geliştirilmiştir. Bu floresans tabanlı sistem standart bir mikroskop cam kesit üzerinde bir dönüştürücü ve sensör olarak kullanır. Formaldehit gazının seçilmiş algılaması bir ayıraç olarak seçilen Fluoral-P ile iyi bilinen Hantzsch tepkimesi kullanılarak gerçekleştirilebilir, Sensör kirlenici moleküller yakalama sağlayan reaktif ile takviye edilmiş bir Nanogeçirgen ince filmten oluşmaktadır. Polimerin Nanogeçirgen filmleri Sol-Gel yöntemi kullanılarak hazırlanmış spin-kaplama ile mikroskop lamı üzerine kaplanmıştır. Deneyler için iç ve dış koşullar ölçümleri nesnel gerçekleştirmek için laboratuarda alet kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Gerçek zamanlı izleme formaldehit kirliliğini zirveleri tespit edilmesine imkân vermektedir. Bu sisteme ait model resim Şekil 2’de verilmiştir (Hue vd., 2010)

Şekil 2. El tipi formaldehit (HCHO) gaz dedektörü çalışma prensibi



Üre formaldehit içine mısır unu katılarak üretilen yonga levhalarda formaldehit emisyonunu azaldığı; yonga panellerdeki formaldehit emisyonunun azalması, ağaç parçacıkları içinde UF reçinelerin penetrasyonu ile mısır ununun yer değiştirmesi ile açıklanmıştır. Gelecekte yonga levha panellerinden çıkan formaldehiti azaltmak için mısır ununun bir alternatif olarak kullanılabileceği öngörülmüştür (Moubarik vd., 2013)

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

3.1.1. Ağaç Malzeme

Çalışmada, masif malzeme olarak ülkemiz orman ürünleri endüstrisinde yaygın kullanılan Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ahşap esaslı levhalar (yonga levha, liflevha, kontrplak, suntalam, MDFlam) seçilmiştir. Denemelerde kullanılan ahşap malzemeler tamamen tesadüfi metotla Ankara'daki işletmelerden temin edilmiştir. Ağaç malzemenin seçiminde kerestenin sağlıklı, düzgün lifli, ardaksız, budaksız, normal büyüme göstermiş, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlılarına uğramamış olmalarına özen gösterilmiştir (TS 2470, 1976).

Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky)

Diri odunu geniş(yarıçapının üçte biri kadar), sarımsı veya kırmızımsı beyaz renkte, öz odunu ise açık kırmızımsı kahverengidir. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır. Yaz odunu koyu renkli olup açık renkli ilkbahar odunu ile kontrast yaratır. Yetiştirme muhitine bağlı olarak yıllık halkalar dar veya geniştir. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır. Radyal ve teğet kesitleri parlak, sık ve geniş reçine kanalları olan yumuşak odunlu bir ağaç türüdür. (Örs ve Keskin, 2008; Şanıvar ve Zorlu, 1999).

Parlak, bol reçineli, oldukça hafif ve yumuşak bir ağaç olan sarıçam kolay işlenir, kolay yarılar ve çatlar. Çok budaklı olup gevrekli. Çivi, vida tutma direnci ve yapışması orta derecededir (Hammond vd., 1969). Adını, levhalar halinde ayrılan gövde kabuğunun tilki sarısı renginden alır. Narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı bir ağaçtır. Kendine özgü kabuk renginin dışında, ince yapraklarının kısalığı ve mavimsi yeşil rengi ilk bakışta diğer çam türlerinden ayırt edilmiş özellikleridir. Sarıçam odununun bazı teknolojik özellikleri Tablo 2' deki gibidir (Şanıvar ve Zorlu, 1999).

Tablo 2. Sarıçam odununun bazı teknolojik özellikleri

<u>Özellik</u>	<u>Ortalama Değer</u>	<u>Birimi</u>
Tam kuru yoğunluğu	0,49	g/cm ³
Hava kurusu yoğunluğu	0,52	g/cm ³
// Basınç direnci	550	kg/cm ²
⊥ Basınç direnci	77	kg/cm ²
Eğilme direnci	980	N/cm ²
Çekme direnci	1020	N/cm ²
⊥ Brinell sertlik değeri	1,9	kg/mm ²
Elastikiyet modülü	117.000	N/cm ²

Bu değerlere göre yük taşıma niteliği çok iyidir. Az çalışır az çeker. Kolay işlenir. Kolay yarılr ve çatlar. Reçinesi temizlendikten sonra boyanabilir. Vida ve çivi ile bağlantısı yeterlidir. Zor verniklenir. Oldukça dayanıklıdır. Görünüşü bozan mavi lekelenme estetik değerini azaltır. Ancak, mavi lekelenme, ağacın fizik dayanımında olumsuz etki yaratmaz (Şanivar ve Zorlu, 1999).

Kullanıldığı yerler:

Özellikle yapı malzemesi olarak kapı, pencere doğramalarında; taban ve tavan kaplamasında; mobilyacılık ve oymacılıkta; maden direği, tel direği ve travers olarak; kaplama levha, kontrplak, liflevha ve yonga levha ile kağıt endüstrisinde kullanılır.

Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)

Fagaceae familyasındandır. Olgun odunlu ağaçlar grubundandır. Odun tabii halde kırmızımsı beyaz, fırınlanmış halde tuğla kırmızısı renktedir. İleri yaşlarda meydana gelen kırmızımsı kahve renkli ve içerisinde daha koyu şeritler bulunan bir öz odun (kırmızı yürek) oluşur. Genellikle 80-100 yaşlarında oluşan bu yalancı öz odunu kusur sayılır. Kırmızı yürek odunun doğal güzelliğini bozar ve emprenye edilemez. Ayrıca, gevrek yapıda olup asitli koku yayar (Örs ve Keskin, 2008). Oldukça sert ve sıkı bir dokuya sahip olan Doğu kayının lifleri kısadır. Eğilme direnci iyidir. İyi kurutulmazsa çok çeker, çatlar, çabuk ardaklanır ve çürür. Yarıma kabiliyeti iyi olan kayının çivi, vida tutması ve yapışma özellikleri orta seviyededir. Boyanmaya elverişli olmamakta birlikte iyi cila tutmakta ve aşınmaya karşı yüksek direnç göstermektedir (Hammond vd., 1969). Doğu kayını odununun bazı teknolojik özellikleri Tablo 3'deki gibidir (Şanivar ve Zorlu, 1999).

Tablo 3. Doğu kayını odununun bazı teknolojik özellikleri

<u>Özellik</u>	<u>Ortalama Değer</u>	<u>Birimi</u>
Tam kuru yoğunluğu	0,63	g/cm ³
Hava kurusu yoğunluğu	0,66	g/cm ³
// Basınç direnci	644	kg/cm ²
Eğilme direnci	870	N/cm ²
⊥Brinell sertlik değeri	3,4	kg/mm ²

Kullanıldığı yerler:

Doğu kayını masif mobilya ve dekorasyon ürünleri ile bükme mobilya, tornacılık, kontrplak kaplama ve kâğıt sanayinde kullanılır; ayrıca, ambalaj, oyuncak, tarım aletleri, demir yolu traversi, fıçı, mutfak aletleri üretiminde yararlanılır. Tomruk ve standart ölçülerde biçilmiş olarak satılır.

3.1.2. Tutkallar

Araştırmada; ağaçışleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan, Fenol formaldehit ve Üre formaldehit kullanılmıştır.

Fenol formaldehit tutkalı

Daha çok dış mekân birleştirmelerde kullanılan bu reçineler, fenol ve formaldehit reaksiyonu ile oluşan polikondenzasyon ürünüdür. Suyu dayanımı yüksektir. Pahalı, koyu renkli oluşu ve tutkallama esnasında daha düşük kaplama rutubeti gerektirmesi dezavantajlarıdır. Ancak, fenol formaldehit reçinelerin üstün dayanımı dezavantajlardan ağır basmaktadır (Çolak, 2002).

Üre formaldehit tutkalı

Amino reçinesi tutkal sınıfının en çok ve en sık kullanılan çeşididir. Üre-formaldehit reaksiyonu iki aşamada meydana gelmektedir. Geri dönüşümlü olan, rutubet ve suyun sebep olduğu hidrolize karşı düşük direnç gösteren ve formaldehit emisyonun da sebebi olan birinci aşamadır.

Moleküler düzeyde üre-formaldehit reçinelerinin temel karakteristikleri şu şekilde sıralanmaktadır.

- 1- Yüksek reaktivite
- 2- Suda çözünebilirlik
- 3- Sertlik
- 4- Tutuşmazlık

5- Sertleşmiş polimerlerin renksiz oluşu

6- Farklı sertleşme koşullarına kolay adapte olabilirlik

Hava koşulları ve suya karşı düşük direnç göstermesi ve formaldehit emisyonu üre formaldehit tutkalların olumsuz özellikleridir (Çolak, 2002).

3.1.3. Emprenye Malzemeleri

Projede emprenye malzemesi olarak iki çeşit kullanılmıştır. Bu emprenye malzemelerine ait teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

Imersol-Aqua

Imersol-Aqua; kokusuz, yanmaz, açık samani renkte, akıcı ve tamamen suda çözünebilen, su esaslı, metal kısımlarda korozyona sebep olmayan bir madde olup hazır çözelti şeklinde piyasaya sunulmaktadır. Imersol-Aqua, bileşiminde şunları içermektedir:

- Tebuconazole : % 0,5
- Propiconazole : % 0,5
- 3-Iodo-2-propynyl-butyl carbamate : % 1
- Cypermethrin : % 0,5

Imersol-Aqua için pH ve yoğunluk değerleri ise şöyledir.

- pH : 7
- Yoğunluğu : 1.03 g/cm³

Uygulamada; emprenye işlemi yapılacak ağaç malzemede kesme, delme, boyutlandırma işlemleri tamamlanmış ve rutubeti kullanım yerinin gerektirdiği denge rutubetinde olmalıdır. Emprenye işleminde daldırma süresi, iğne yapraklı ağaçlar için en az 6 dakika, emdirilen emprenye maddesi miktarı 1 m³ ağaç malzeme için en az 15 litre olmalıdır. Ağaç malzeme emprenye işleminden sonra en az 24 saat kurumaya bırakıldıktan ve tamamen kuruduktan sonra boya, vernik, tutkallama işlemleri yapılmalıdır (Açıkel, 2007).

3.1.4. Formaldehit Emisyonu

Ahşap levhanın ucuzluğu, açık renkli olması, boyut serbestliğinin fazlalığı nedeniyle kullanımı artmıştır. Artan talebin karşılanması için Üre – formaldehit (UF) kullanılarak üretilen ahşap levhalarda 1980'lerden sonra yoğunlaşılacak formaldehit emisyonu ortaya çıkmıştır (Çolakoğlu, 1993).

Formaldehit kimya endüstrisinin en temel maddelerinden olup; yapısında karbon, hidrojen ve oksijen bulunmaktadır. Bu yapısı itibarıyla polimer tutkalların

retiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Üre formaldehit reçinesi olarak kullanılan formaldehitin üretimi kolay, kullanımı ekonomik ve yapışma özelliği yüksektir (Nemli, 1995).

Yaşam alanlarındaki formaldehit emisyonu kaynağı sadece ahşap levhalar değil; halı, duvar kâğıdı, kaplamalar v.b elemanlarda bu emisyonu yayabilmektedir. Otomobil egzoz gazı, sigara dumanı da emisyon yayar. Higroskopik olmayan tüm materyallerde bu salınımın görülmesi kaçınılmazdır (olakoğlu, 1993).

Yapılan araştırmalarda 0,4 ppm'in altındaki emisyon rahatsızlık oluşturmamaktadır. Ancak 3,5 ppm'in üzerindeki emisyon salınımı öksürük, nefes darlığı, göz yaşarması gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Avrupa'da kabul edilebilen formaldehit sınır değerleri Tablo 4'de verilmiştir (olakoğlu, 1993).

Tablo 4. Avrupa'da kabul edilebilen formaldehit sınır değerleri

lke	Konsantrasyon (odalarda) (ppm)	Perfaratr (mg/100g levha)	Gaz Analizi (ppm)
Almanya	0,10	E1 ≤ 10 E2 10 -30 E3 30 -60	$\leq 0,1$ 0,1 -1,0 1,0 – 2,3
Hollanda	0,10	max. 10	-
Norveç	0,13	max. 30	-
Avusturya	0,10	max. 8	-
İsveç	0,13	15	-
İsviçre	0,20	10	-
İspanya	0,15	50	-
Belçika	0,12	14 Kalite 1 28 Kalite 2 42 Kalite 3	-
Finlandiya	0,12	40	-
Danimarka	0,12	10 Kalite E15 25 Kalite P25B	-
Fransa	-	50	-
İngiltere	-	50	-

3.2. Yöntem

3.2.1. Ağaç Malzemelerin Yoğunlukları

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunlukları TS 2472 esaslarına göre belirlenmiştir (TS 2472, 1976). Buna göre; hava kurusu yoğunluk tayini için 20x30x30 mm boyutlarında hazırlanan örnekler, 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\% 65 \pm 5$ bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Bu durumda TS EN 325'e göre ağırlıkları $\pm 0,01$ g duyarlıklı analitik terazide tartılıp, $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpasla boyutları ölçüldükten sonra hacimleri hesaplanarak, hava kurusu yoğunluklar (δ_{12}) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} g / cm^3$$

Burada;

M_{12} = Hava kurusu haldeki ağırlık (g)

V_{12} = Hava kurusu haldeki hacimdir (cm^3)

3.2.2 Deney Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan ağaç malzemeler Ankara Siteler' deki kereste işletmelerinden kerestenin kusursuz olmasına, liflerinin düzgün, budaksız, ardaksız, normal büyüme göstermiş, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilerek tamamen tesadüfî olarak temin edilmiştir. Seçilen birinci sınıf kerestelerin yıllık halkaların yüzeye dik gelen bölgelerinden TS 2470 esaslarına göre parçalar kesilerek 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\% 65 \pm 5$ bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme kabinde değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Bu şartlarda $\% 8-12$ rutubetlere kadar kurutulduktan sonra deney yapılmıştır. Masif malzeme dışındaki örnekler de, Ankara'daki ahşap levha üreticilerinden karşılanmıştır. Deney örneklerine ait sayısal veriler aşağıda verilmiştir. Tablo 5'de masif malzeme deney örneklerine ait sayısal değerler verilmiştir. Tablo 6'da masif levha deney örneklerine ait sayısal değerler verilmiştir. Tabakalı ağaç malzeme deney örneklerine ait sayısal veriler Tablo 7'de verilmiştir. Kenar kaplama işlemi yapılmış ve yapılmamış tabakalı ağaç malzeme deney örneklerine ait sayısal veriler Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 5. Masif malzemeye ait deney örnek sayıları

Doğu kayını						Toplam
Emprenyesiz						
Vernikli			Verniksiz			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	13	13	13	78
Emprenyeli						
Vernikli			Verniksiz			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	13	13	13	78
Sarıçam						
Emprenyesiz						
Vernikli			Verniksiz			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	13	13	13	78
Emprenyeli						
Vernikli			Verniksiz			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	13	13	13	78
Toplam						312

Tablo 6. Masif levhalara ait deney örnek sayıları

Doğu kayınından Üretilmiş Levha						Toplam
Üre-formaldehit Tutkallı						
Vernikli			Verniksiz			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	13	13	13	78
Fenol-formaldehit Tutkallı						
Vernikli			Verniksiz			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	13	13	13	78
Sarıçamdan Üretilmiş Levha						
Üre-formaldehit Tutkallı						
Vernikli			Verniksiz			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	13	13	13	78
Fenol-formaldehit Tutkallı						
Vernikli			Verniksiz			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	13	13	13	78
Toplam						312

Tablo 7. Tabakalı ağaç malzemeye ait deney örnek sayıları

Ham Yonga Levha			Toplam
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Ham Lif Levha			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Ham Suntalam			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Ham MDFlam			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Ham Kavak Kontrplak			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Ham Kayın Kontrplak			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Toplam			234

Tablo 8. İşlemli tabakalı ağaç malzemeye ait deney örnek sayıları

Suntalam						Toplam
Kenarları Kaplı			Kenarları Açık			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	13	13	13	39
MDFlam						
Kenarları Kaplı			Kenarları Açık			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	13	13	13	39
Toplam						78

3.2.3. Deney Örneklerinin Verniklenmesi

Vernikleme işleminde ASTM D 3023 esaslarına uyulmuştur [yüksek lisans tezinden:21]. Endüstride uygulanma biçimine göre selülozik vernik $120 \pm 5 \text{ gr /m}^2$ olacak şekilde 2 kat dolgu vernik, ardından 1 kat son kat parlak vernik uygulanmıştır. Vernikleme işlemleri arasında üretici firmanın ön gördüğü süre kadar beklenmiştir. Vernikleme işlemlerinde 1. Kat dolgu verniğinden sonra 220 nolu zımpara, 2. Kat dolgu verniğinden sonra ise 400 nolu zımpara kullanılmıştır. Vernikleme işleminin ardından deney örnekleri 12 saat süreyle $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem koşullarında kurutulmuştur (Özdemir, 2003).

3.2.4. Vernik Katı Madde Miktarı Tayini

Vernik katı madde miktarı tayini, TS 6035 EN ISO 3251 esaslarına uyularak, yapılmıştır (TS 6035 EN ISO 3251, 2005). Buna göre, darası önceden alınan Ø6 cm' lik konkav saat camına 5 gr olacak şekilde damlalık ile vernik konulmuş, daha sonra, etüvde 60°C ' de ağırlıkça sabit hale gelene kadar bekletilmiştir. Bu süre sonunda çözücüler tamamen buharlaştırılmış ve yeniden tartımlar yapılarak; aşağıdaki formüle göre katı madde miktarları belirlenmiştir.

Burada;

- = Uygulanan vernik
- = Yaş ağırlık
- = Buharlaştıran çözücü
- = Dara
- = Katı madde
- = Kuru ağırlık

3.2.5. Kuru Film Kalınlığı Tayini

Vernik kuru film kalınlığı tayini, 5 μm duyarlıklı komperatör ile ASTM D 1005-95 esaslarına uyularak belirlenmiştir (ASTM D 1005-95, 2001). Standarta göre; temiz bir saç levha yüzeyinde komperatörün ibresi sıfıra ayarlandıktan sonra ölçüm yapılmıştır. Ölçüm için, vernik film katmanını değişik bölgelerden ağaç malzeme

yüzeyine kadar kaldırılmıştır. Açılan kertiğe komperatörün ibresi düşürülürken komperatör ayaklarının katmana dik konumda ve tam oturmuş olduğuna dikkat edilmiştir. Komperatörde farklı bölgelerde okunan ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

3.2.6. Deney Örneklerinin Emprenyelenmesi

Emprenye işleminde daldırma metodu kullanılmıştır. Hazırlanan deney örneklerine ASTM D 1413-76, TS 344 ve TS 345' de belirtilen şartlarda emprenye işlemi uygulanmıştır (ASTM D 1413-76, 1976; TS 345, 1974; TS 344, 1981). Emprenye maddesi olarak Imersol Aqua üretici firmadan hazır olarak temin edilerek ambalaj viskozitesinde kullanılmıştır. 500×100×18 mm ölçülerinde hazırlanan masif deney örnekleri emprenye yapılmadan önce 20°C±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemde değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Sonrasında 0,01 g hassasiyeti olan terazide örnekler tartılmıştır. Daha sonra örnekler, emprenye kazanında, emprenye maddesi örneklerin 4-5 cm üzerine çıkacak şekilde 24 saat bekletilmiştir. Örneklerin sıvı yüzeyine çıkmaması için örneklerin üzerine ağırlıklar konulmuştur.

3.2.7. Retensiyon Miktarı Tayini

Emprenye işleminin ardından emprenye kazanından alınan örnekler, düzgün bir şekilde istiflenerek üzerlerindeki fazla emprenye maddesinin atılması için 20 gün beklenmiştir. Daha sonra iklimlendirme dolabında 20°C±2°C ve %65±5 bağıl nemde örnekler %12 rutubete ulaşınca kadar bekletilmiştir. % 12 neme ulaşan örnekler tekrar 0.01 g hassasiyetli terazi ile tartılarak aşağıdaki formüle göre emprenye retensiyon (tutunma) miktarı hesaplanmıştır (TS 5724, 1988).

Burada,

R: Retensiyon miktarı ()

G: T2 –T1

T2: Emprenye sonrası numune ağırlığı (g)

T1: Emprenye öncesi numune ağırlığı (g)

C: Çözelti konsantrasyonu (%)

V: Numune hacmi (cm³)

3.2.8. Formaldehit Emisyonu Tayini

Uçucu organik bileşiklerden formaldehit, ahşap bazlı ürünlerde ortaya çıkan bir bileşik olup, oluşma kaynağı yonga, lif v.b levha üretiminde kullanılan reçine kaynaklıdır. Bu çalışmada ahşap ve ahşap esaslı levhalardan ortama salınan formaldehit emisyonu TS EN 717-1 esaslarına göre belirlenmiştir. Deney farklı nem ve sıcaklıklara sahip 3 ayrı ortamda gerçekleştirilmiştir. Ortamların nem ve sıcaklık değerleri tespitinde uzun yıllara ait meteorolojik istatistikler dikkate alınmıştır.

3.2.9. Verilerin Değerlendirilmesi

Hazırlanan örneklerin ortama yaydıkları formaldehit emisyon miktarları üzerine ağaç türü, tutkal çeşidi, emprenye malzeme çeşidi, farklı nem ve sıcaklıktaki ortam çeşitleri ve bunlarının etkileşimini tespit etmek için MSTAT-C istatistik programında çoklu varyans analizi (MANOVA) yapılmıştır. Varyans analizi sonucu anlamlı ilişki olması halinde Duncan testi yapılmıştır. Böylece, denenen faktörlerin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları, en küçük önemli fark (LSD) kritik değerine göre homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Hava Kuru Yoğunluk Değerleri

Deneylerde kullanılan numunelerin hava kuru yoğunluk değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Hava kuru yoğunluk değerleri (g/cm³)

İSTATİSTİK DEĞERLER	Ağaç Malzemeler	
	Sarıçam	Doğu kayını
x(g/cm ³)	0,5005	0,6641
s(g/cm ³)	0,0103375	0,0142088
v(s ²)	0,00011577	0,00022432
min(g/cm ³)	0,489	0,642
max(g/cm ³)	0,515	0,695
N	13	13

4.2. Vernik Katı Madde Miktarı Değerleri

Deneylerde kullanılan selülozik dolgu verniğinin ve son kat parlak selülozik verniğin katı madde miktarı değerleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Vernik katı madde miktarı değerleri (Ağırlıkça %)

İSTATİSTİK DEĞERLER	Vernikler	
	Selülozik Dolgu Verniği	Selülozik Son Kat Verniği
x (%)	33,2	29,2
s (%)	3,31058907	1,88679623
v (s ²)	12,1777778	3,95555556
min (%)	29	26
max (%)	40	33
N	13	13

4.3. Kuru Film Kalınlığı Değerleri

Deneylerde kullanılan sarıçam ve Doğu kayını numunelerinin vernik katman kalınlığı değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Vernik katman kalınlığı değerleri (µm)

İSTATİSTİK DEĞERLER	Ağaç Malzemeler	
	Sarıçam	Doğu kayını
x (µm)	88,7	87,3
s (µm)	3,55105618	2,60959767
v (s ²)	14,0111111	7,56666667
min (µm)	85	83
max (µm)	96	91
N	13	13

4.4. Retensiyon Miktarı Değerleri

Emprenye maddesi retensiyon (tutunma) miktarı değerleri Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Retensiyon miktarı değerleri (kg/m³)

İSTATİSTİK DEĞERLER	Ağaç Malzemeler	
	Sarıçam	Doğu kayını
x (kg/m ³)	139,1529	186,5782
s (kg/m ³)	12,5251665	11,9229696
v (s ²)	174,310885	157,95245
min (kg/m ³)	120,65	166,695
max (kg/m ³)	157,6	205,45
N	13	13

Projede farklı faktörler olduğu için istatistiksel analiz 4 ayrı değerlendirme başlığında yapılmıştır. Birinci bölüm masif malzeme, ikinci bölüm masif levha, üçüncü bölüm tabakalı ağaç malzeme, dördüncü bölüm kenar kaplama işlemi yapılmış ve yapılmamış tabakalı ağaç malzemedir.

Birinci bölümde ağaç (masif) malzeme (sarıçam ve Doğu kayını) kullanılarak, emprenyeli ve emprenyesiz, vernikli ve verniksiz olarak 100×500×18 mm ölçülerinde hazırlanan örneklerin, farklı nem ve sıcaklık ortamlarındaki, formaldehit emisyonu miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13. Masif malzeme çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<0,05 SIG.
Ağaç(A)	1	0,022	0,0220	49,8685	0,0000
Emprenye(B)	1	0,212	0,2120	481,3629	0,0000
AxB	1	0,235	0,2350	532,3182	0,0000
Vernik (C)	1	0,124	0,1240	281,0635	0,0000
AxC	1	0,019	0,0190	43,2517	0,0000
BxC	1	0,028	0,0280	63,6513	0,0000
AxBxC	1	0,001	0,0010	2,7926	0,0958
Ortam (D)	2	0,993	0,4965	1125,1020	0,0000
AxD	2	0,008	0,0040	9,3941	0,0001
BxD	2	0,081	0,0405	92,3218	0,0000
AxBxD	2	0,050	0,0250	56,8667	0,0000
CxD	2	0,027	0,0135	30,6480	0,0000
AxCxD	2	0,003	0,0015	3,5619	0,0296
BxCxD	2	0,036	0,0180	41,2096	0,0000
AxBxCxD	2	0,000	0,0000	0,4192	
Hata	288	0,127	0,0004		
Toplam	311	1,968			

Ağaç (masif) malzeme (sarıçam ve Doğu kayını), emprenyeleme işlemi, vernikleme işlemi ve farklı nem ve sıcaklık ortamlarının, formaldehit salınımına etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır($\alpha = 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında önemli olduğunu belirlemek için DUNCAN testi uygulanmıştır.

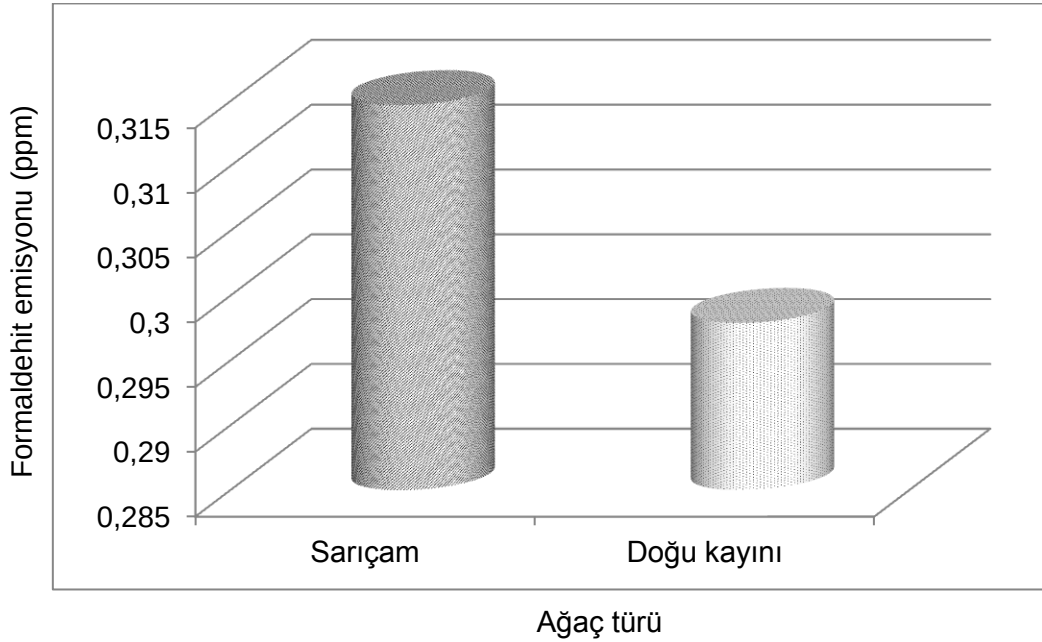
Ağaç türüne göre formaldehit emisyonu ortalama değerleri Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14. Ağaç türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

Ağaç Türü	x	HG
Sarıçam (Ç)	0,3147	A
Doğu kayını (K)	0,2979	B

LSD : 0.004456

Ağaç türüne göre formaldehit salınımı sarıçamda (0,3147ppm), Doğu kayınında (0,2979 ppm) daha yüksek çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil.3'te verilmiştir.



Şekil 3. Ağaç türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

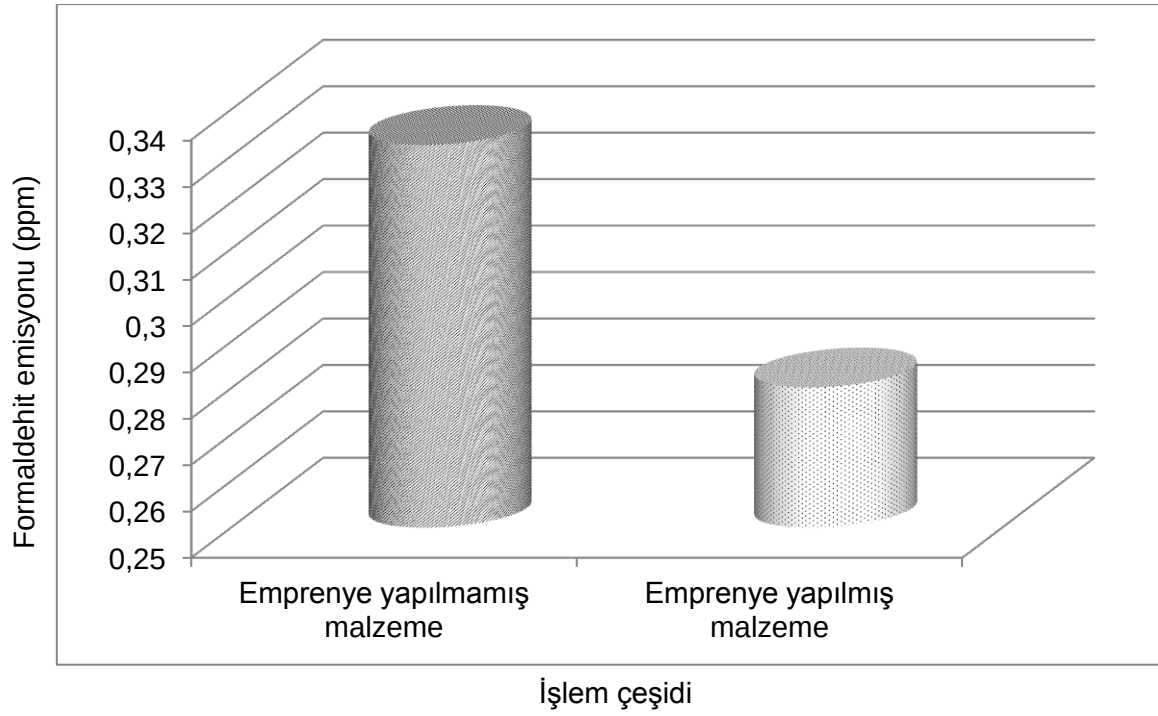
Emprenye işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 15. Emprenye işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

Emprenye İşlemi	x	HG
Emprenye yapılmamış malzeme (EZ)	0,3324	A
Emprenye yapılmış malzeme (EL)	0,2802	B

LSD : 0.004456

Emprenye yapılmamış malzemede formaldehit emisyonu (0,3324 ppm), emprenye yapılmış malzemeden (0,2802 ppm), daha yüksek çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Emprenye işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

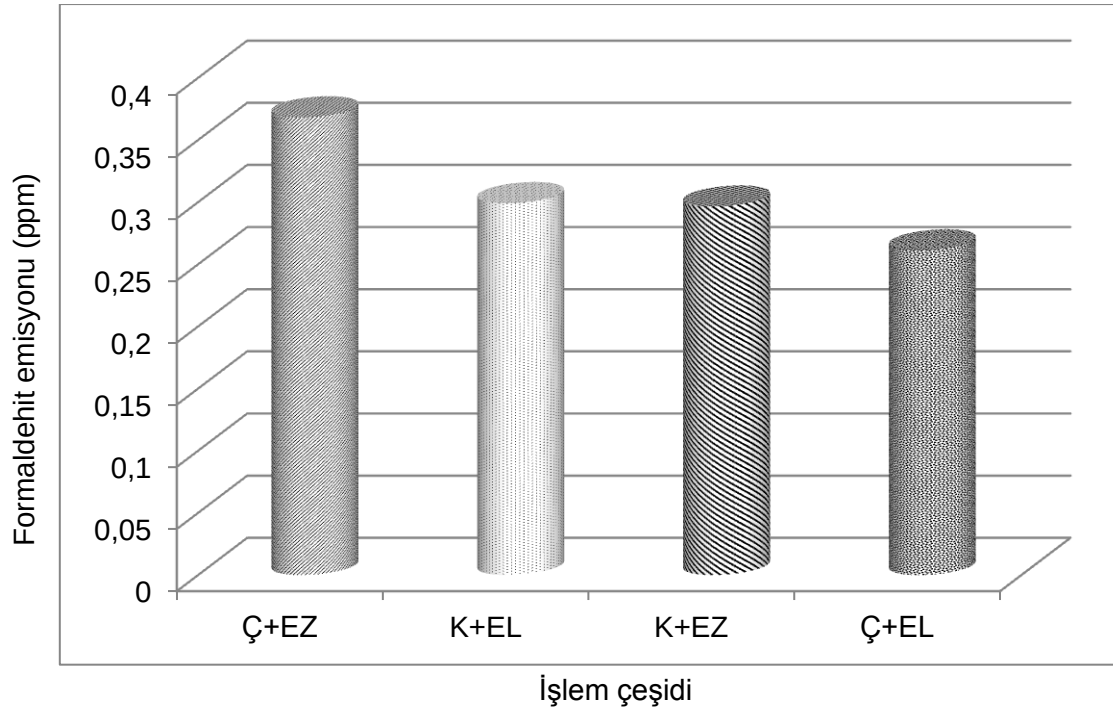
Ağaç türü ve emprenye işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Ağaç türü ve emprenye işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+EZ	0,3682	A
K+EL	0,2992	B
K+EZ	0,2965	B
Ç+EL	0,2612	C

LSD :0.006301

Emprenyesiz sarıçam örneklerinde formaldehit emisyonu en yüksek (0,3682 ppm) çıkmıştır. En düşük formaldehit emisyonu ise emprenyeli sarıçamda (0,2612 ppm) ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Ağaç türü ve emprenye işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

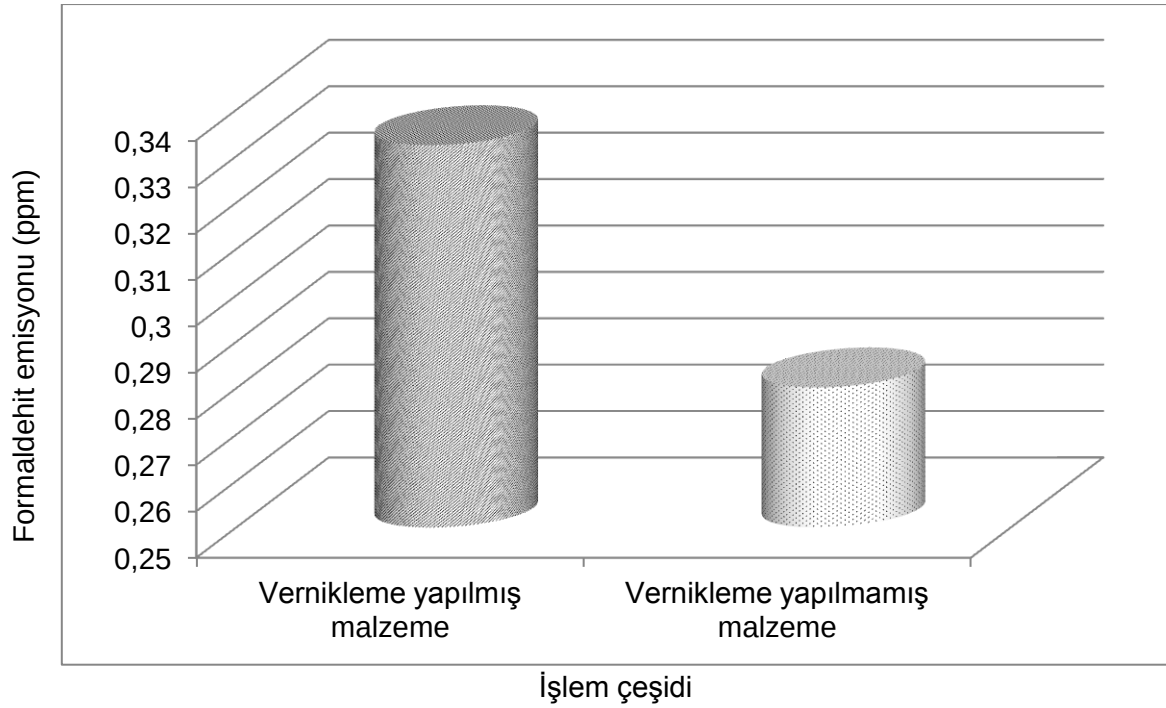
Vernik işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. Vernik işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Vernikleme yapılmış malzeme (VL)	0,3262	A
Vernikleme yapılmamış malzeme (VZ)	0,2863	B

LSD : 0.004456

Ağaç malzemenin verniklenmesi formaldehit emisyonunu artırmıştır. Vernikleme yapılmış örneklerde (0,3262 ppm) formaldehit emisyonu, vernikleme yapılmamış örneklerle göre (0,2863 ppm) daha yüksek çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Vernik işleme göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

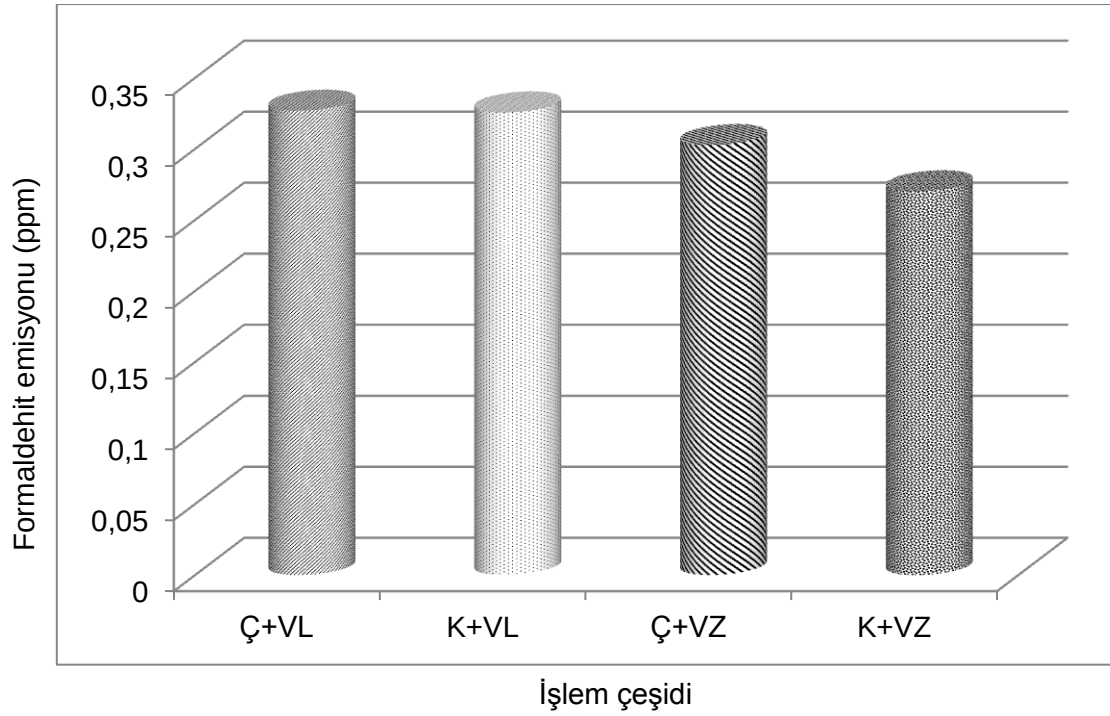
Ağaç türü ve vernik işlemi çeşidi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+VL	0,3268	A
K+VL	0,3256	A
Ç+VZ	0,3026	B
K+VZ	0,2701	C

LSD : 0.006301

Ağaç türü ve vernik işlemine göre en yüksek formaldehit emisyonu, Vernikli sarıçam örneklerinde (0,3268 ppm) elde edilmiştir. En düşük formaldehit emisyon değeri ise verniksiz kavak örneklerinde (0,2701 ppm) elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

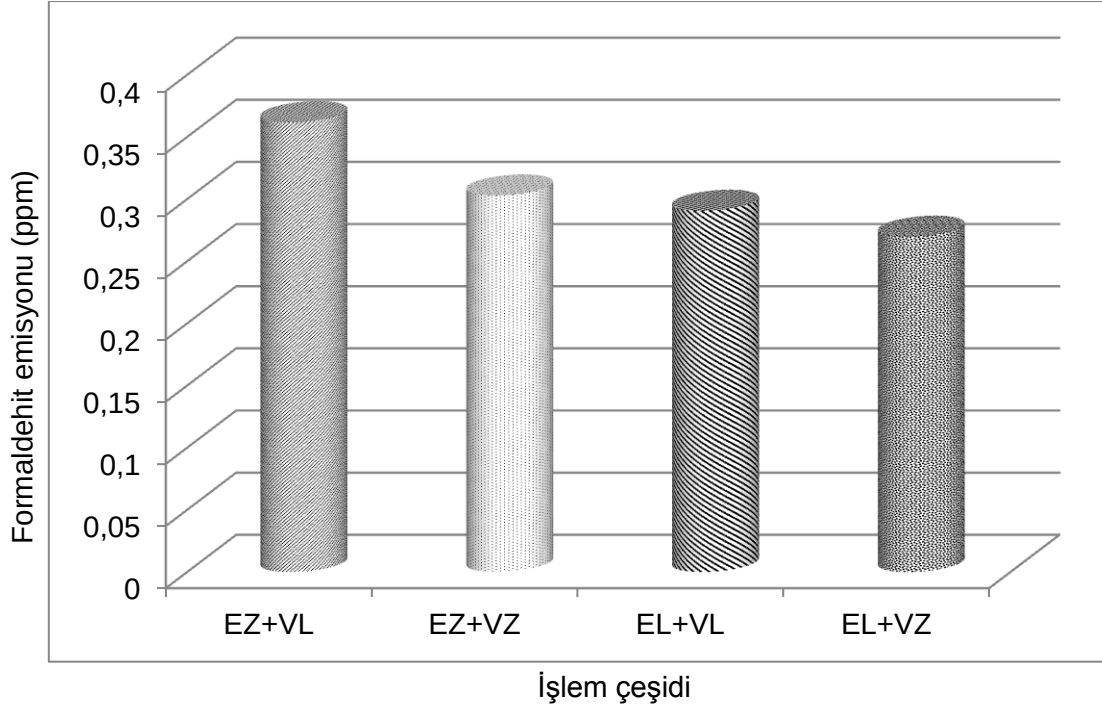
Emprenye işlemi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19. Emprenye işlemi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
EZ+VL	0,3618	A
EZ+VZ	0,3029	B
EL+VL	0,2906	C
EL+VZ	0,2697	D

LSD : 0.006301

Emprenyesiz ve vernikli deney örneklerinde formaldehit emisyonu en yüksek (0,3618 ppm) çıkarken, emprenyeli ve verniklenmemiş deney örneklerinde ise formaldehit emisyonu en düşük (0,2697 ppm) çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Emprenye ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

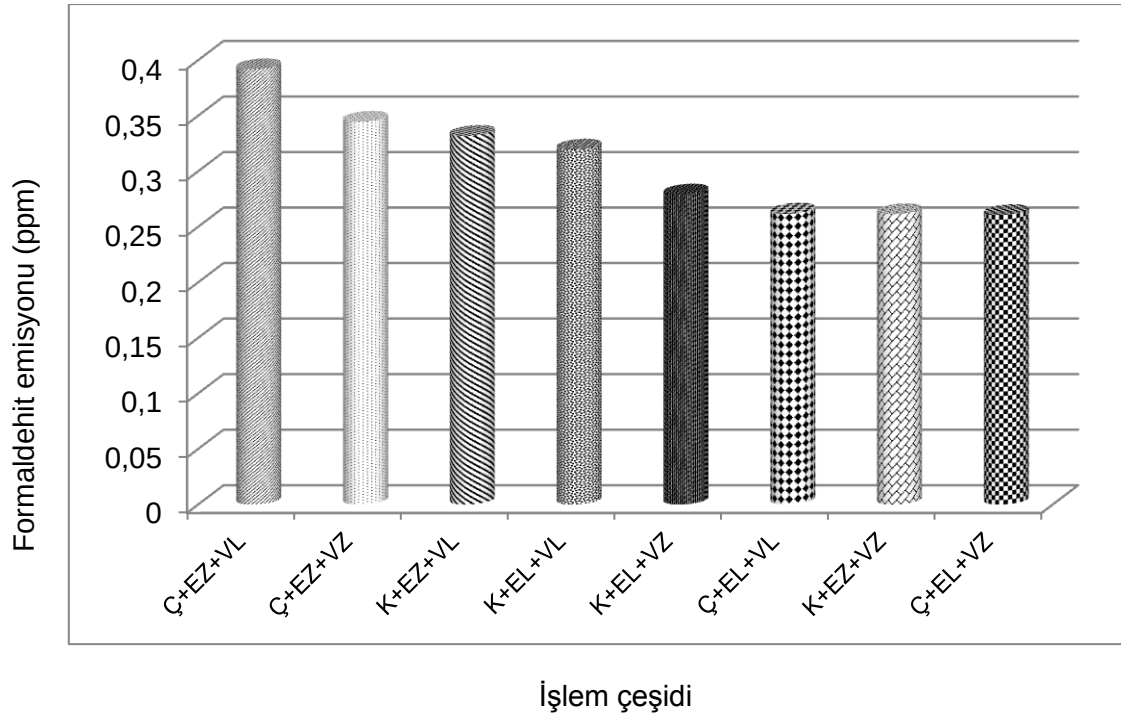
Ağaç türü, emprenye işlemi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Ağaç türü, emprenye işlemi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+EZ+VL	0,3918	A
Ç+EZ+VZ	0,3446	B
K+EZ+VL	0,3318	C
K+EL+VL	0,3195	D
K+EL+VZ	0,2790	E
Ç+EL+VL	0,2618	F
K+EZ+VZ	0,2613	F
Ç+EL+VZ	0,2605	F

LSD : 0.008912

Emprenyesiz sarıçamın verniklenmesi ile elde edilen deney örneklerinde formaldehit emisyonu en yüksek (0,3918 ppm); emprenyelenmiş verniksiz sarıçam deney örneklerinde ise en düşük formaldehit emisyonu (0,2605 ppm) elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Ağaç türü, emprenye işlemi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

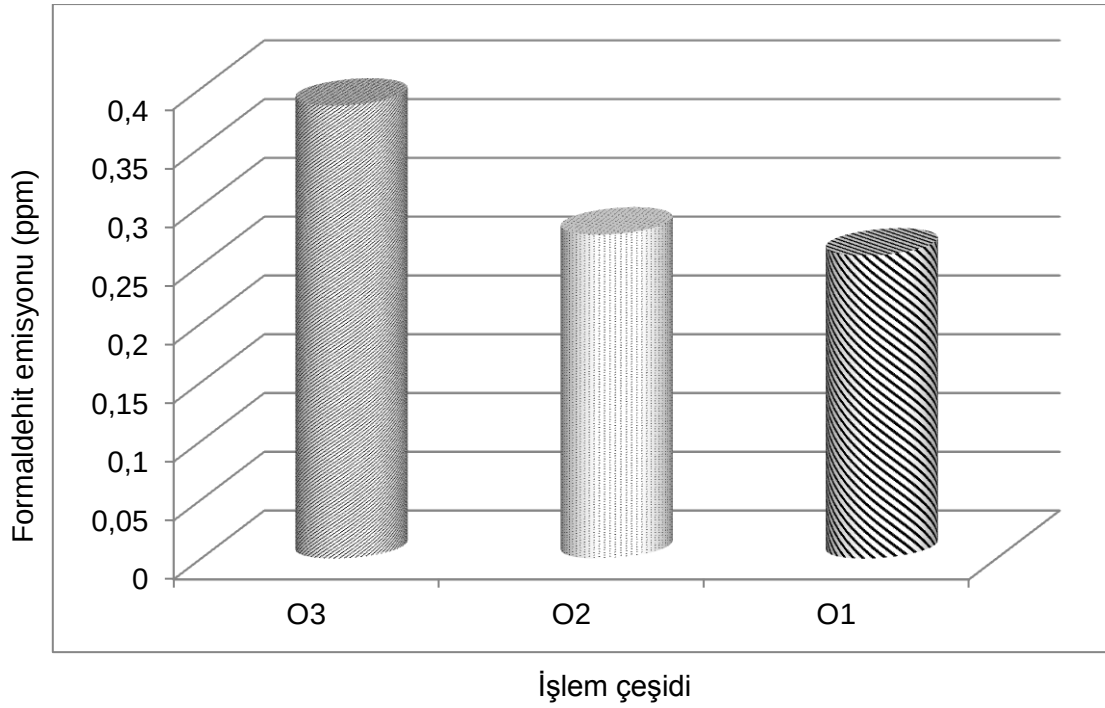
Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

Ortam Çeşidi	x	HG
40°C Sıcaklık- %35 Nem (O3)	0,3854	A
20°C Sıcaklık- %65 Nem (O2)	0,2757	B
10°C Sıcaklık- %95 Nem (O1)	0,2578	C

LSD : 0.005457

Denemelerde kullanılan üç çeşit ortamda en yüksek formaldehit salınımı 3. ortamda (0,3854 ppm), en düşük formaldehit emisyonu değeri (0,2578 ppm) ise 1. ortamda ortaya çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 10’da verilmiştir.



Şekil 10. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

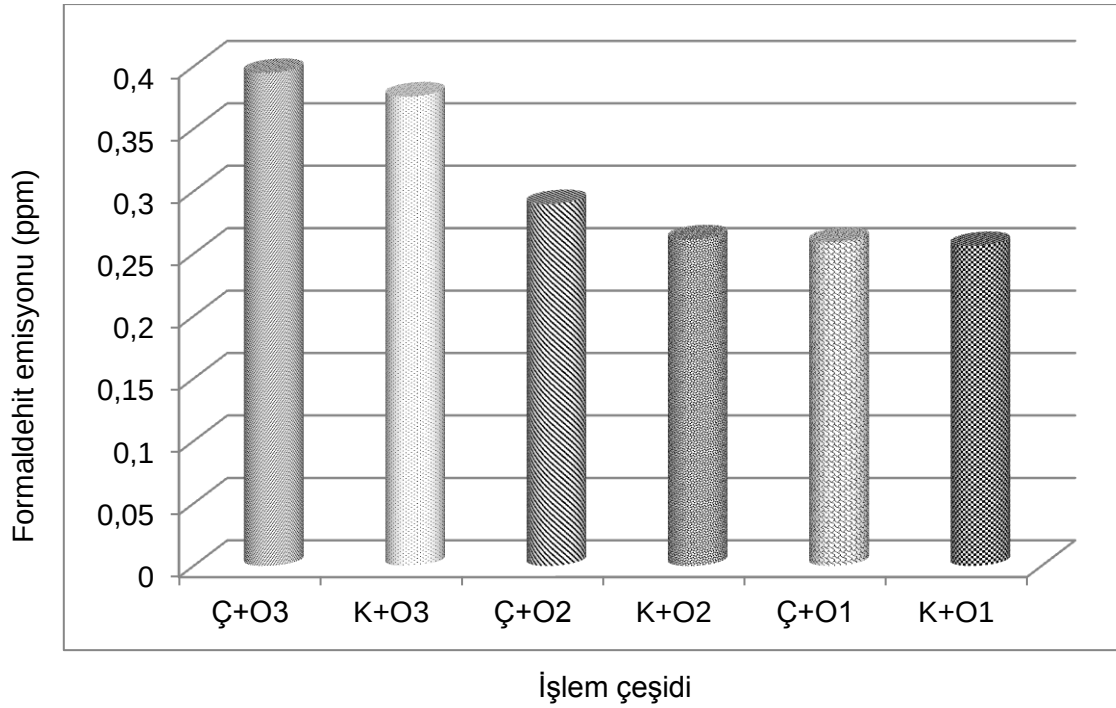
Ağaç türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. Ağaç türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+O3	0,3948	A
K+O3	0,3760	B
Ç+O2	0,2898	C
K+O2	0,2615	D
Ç+O1	0,2594	D
K+O1	0,2562	D

LSD : 0.007718

Sarıçam 3. Ortamda en yüksek formaldehit emisyonunu (0,3948 ppm), sarıçam 1. Ortamda en düşük formaldehit emisyonunu (0,2562 ppm) yaymıştır. Doğu kayınından çıkan formaldehit emisyon değeri (0,3760 ppm) de 3. Ortamda yükselmiştir. Buna ait grafik Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Ağaç türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

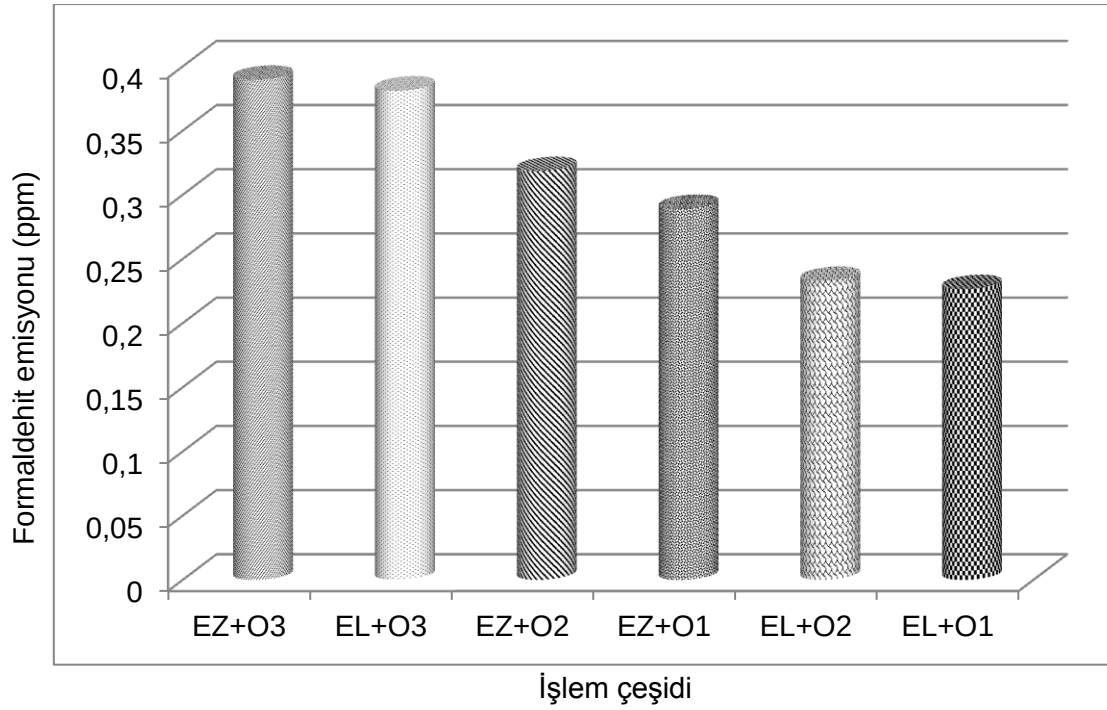
Emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri, Tablo 23’de verilmiştir.

Tablo 23. Emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
EZ+O3	0,3896	A
EL+O3	0,3812	A
EZ+O2	0,3185	B
EZ+O1	0,2890	C
EL+O2	0,2329	D
EL+O1	0,2265	D

LSD : 0.007718

Emprenyesiz örnekler 3. Ortamda en yüksek folmaldehit emisyonu (0,3896 ppm) yayarken, emprenyeli örnekler 1. Ortamda en düşük formaldehit emisyonu (0,2265 ppm) yaymıştır. Buna ait grafik Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

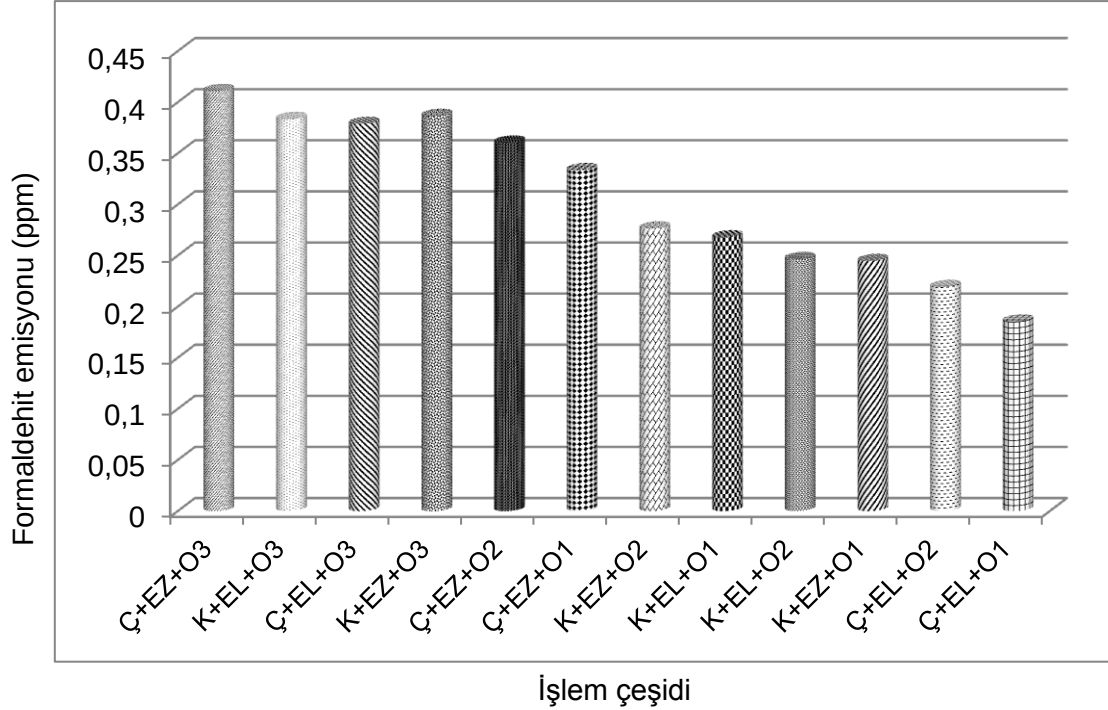
Ağaç türü, emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri, Tablo 24’de verilmiştir.

Tablo 24. Ağaç türü, emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+EZ+O3	0,4108	A
K+EL+O3	0,3835	B
Ç+EL+O3	0,3788	BC
K+EZ+O3	0,3685	CD
Ç+EZ+O2	0,3604	D
Ç+EZ+O1	0,3335	E
K+EZ+O2	0,2765	F
K+EL+O1	0,2677	F
K+EL+O2	0,2465	G
K+EZ+O1	0,2446	G
Ç+EL+O2	0,2192	H
Ç+EL+O1	0,1854	I

LSD : 0.01091

Ağaç türü, emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu, 40° C sıcaklık ve %35 nemdeki deney ortamında (3. Ortam) emprenyesiz sarıçamda çıkmıştır. Emprenyeli sarıçam deney örneklerinin 1. Ortamdaki ölçümlerinde de en düşük formaldehit emisyonu (0,1854 ppm) bulunmuştur. Buna ait grafik Şekil 13'te verilmiştir.



Şekil 13. Ağaç türü, emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

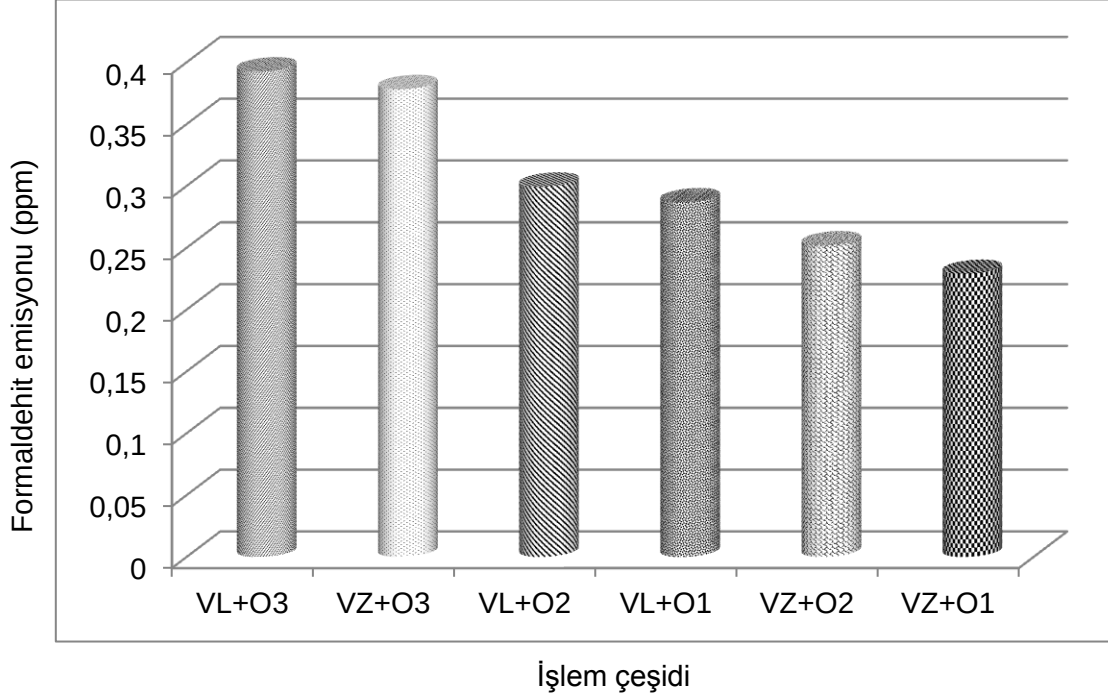
Vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 25. Vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	X	HG
VL+O3	0,3925	A
VZ+O3	0,3783	B
VL+O2	0,2994	C
VL+O1	0,2867	D
VZ+O2	0,2519	E
VZ+O1	0,2288	F

LSD :0.007718

Vernikli örneklerin 3. Ortamdaki formaldehit emisyonu değeri en yüksek (0,3925 ppm), verniksiz örneklerin 1. Ortamdaki formaldehit emisyonu değeri en düşük (0.2288 ppm) çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 14'te verilmiştir.



Şekil 14. Vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

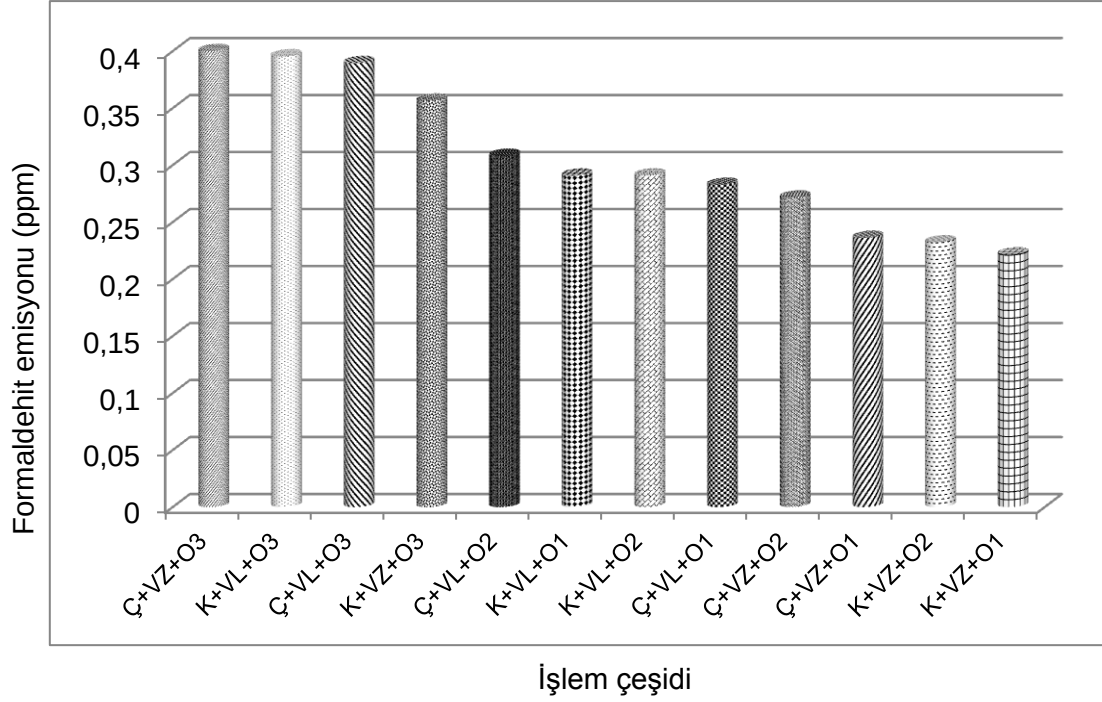
Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+VZ+O3	0,4000	A
K+VL+O3	0,3954	A
Ç+VL+O3	0,3896	A
K+VZ+O3	0,3565	B
Ç+VL+O2	0,3081	C
K+VL+O1	0,2908	D
K+VL +O2	0,2908	D
Ç+VL+O1	0,2827	D
Ç+VZ+O2	0,2715	E
Ç+VZ+O1	0,2362	F
K+VZ+O2	0,2323	FG
K+VZ+O1	0,2215	G

LSD : 0.01091

En yüksek formaldehit emisyonu değeri verniksiz sarıçamda 3. deney ortamında (0,40 ppm), en düşük formaldehit emisyonu değeri ise verniksiz Doğu kayınının 1. Ortamda (0,2215 ppm) ölçümlerinde elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 15'te verilmiştir.



Şekil 15. Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

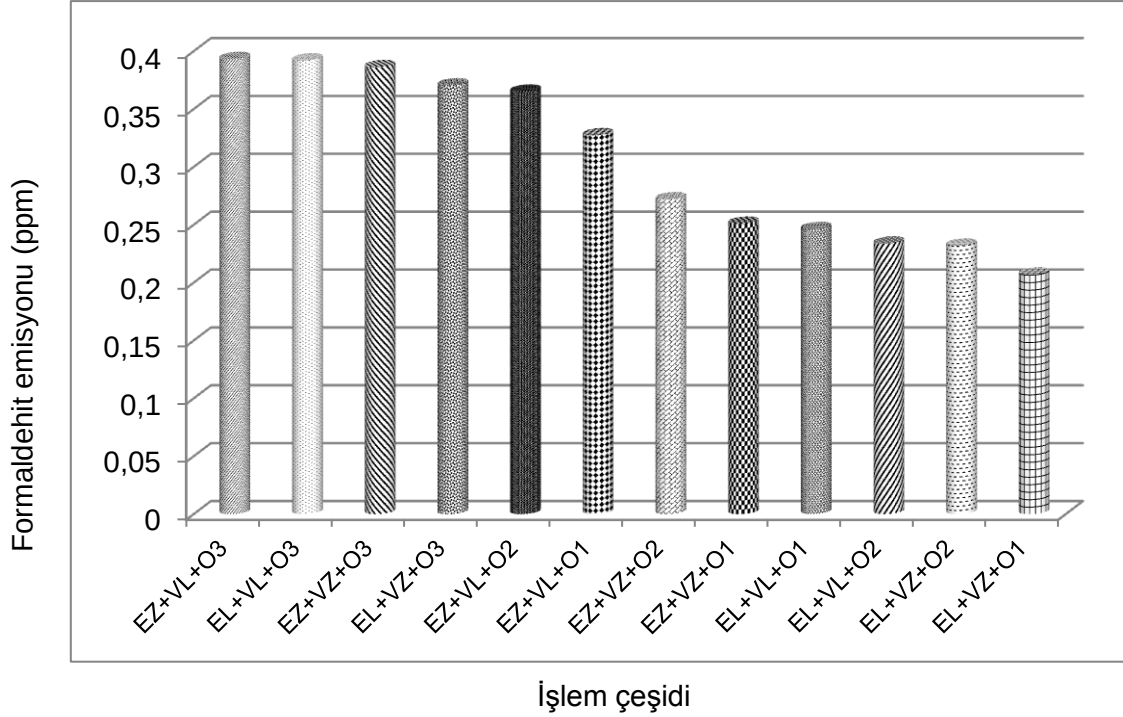
Emprenye işlemi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 27. Emprenye işlemi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
EZ+VL+O3	0,3931	A
EL+VL+O3	0,3919	A
EZ+VZ+O3	0,3862	A
EL+VZ+O3	0,3704	B
EZ+VL+O2	0,3650	B
EZ+VL+O1	0,3273	C
EZ+VZ+O2	0,2719	D
EZ+VZ+O1	0,2508	E
EL+VL+O1	0,2462	E
EL+VL+O2	0,2338	F
EL+VZ+O2	0,2319	F
EL+VZ+O1	0,2069	G

LSD : 0.01091

Emprenyesiz vernikli deney örnekleri 3. deney ortamında en yüksek formaldehit emisyonunu (0,3931 ppm) yaymıştır. En düşük formaldehit emisyon değeri (0.2069 ppm) ise empenyeli, verniksiz deney örneklerinde 1. deney ortamında ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16. Emprenye işlemi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

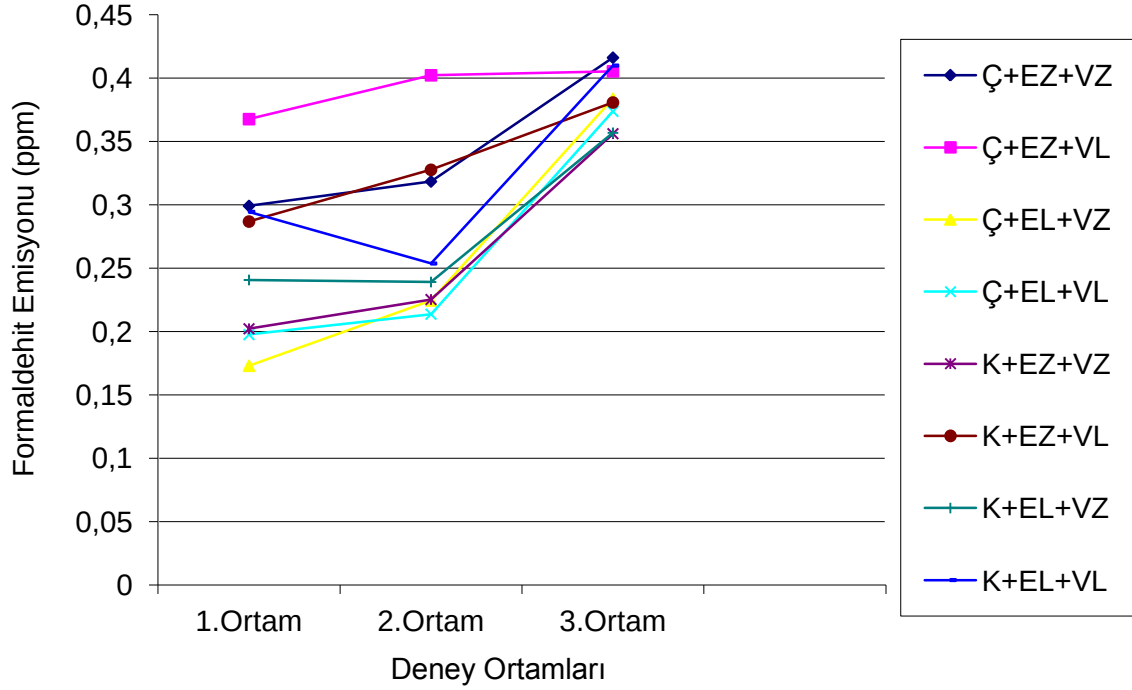
Ağaç türü, emprenye işlemi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 28'de verilmiştir.

Tablo 28. Ağaç türü, emprenye işlemi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	X	HG	İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+EZ+VZ+O3	0.4162	A	Ç+EZ+VZ+O1	0.2992	E
K+EL+VL+O3	0.4100	A	K+EL+VL+O1	0.2946	E
Ç+EZ+VL+O3	0.4054	A	K+EZ+VL+O1	0.2869	E
Ç+EZ+VL+O2	0.4023	A	K+EL+VL+O2	0.2538	F
Ç+EL+VZ+O3	0.3838	B	K+EL+VZ+O1	0.2408	FG
K+EZ+VL+O3	0.3808	B	K+EL+VZ+O2	0.2392	FG
Ç+EL+VL+O3	0.3738	B	K+EZ+VZ+O2	0.2254	GH
Ç+EZ+VL+O1	0.3677	BC	Ç+EL+VZ+O2	0.2246	GH
K+EL+VL+O3	0.3569	C	Ç+EL+VL+O2	0.2138	HI
K+EZ+VZ+O3	0.3562	C	K+EZ+VZ+O1	0.2023	I
K+EZ+VL+O2	0.3277	D	Ç+EL+VL+O1	0.1977	I
Ç+EZ+VZ+O2	0.3185	D	Ç+EL+VZ+O1	0.1731	J

LSD :0.01544

Ağaç malzeme türü, emprenye işlemi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyon değeri (0.4162 ppm) Ç+EZ+VZ+O3'de ölçülmüştür. En düşük formaldehit emisyon değeri (0.1731 ppm) Ç+EL+VZ+O1'de tespit edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 17'de verilmiştir.



Şekil 17. Ağaç türü, emprenye işlemi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

Çalışmada tutkalın formaldehit emisyonuna etkisini tespit etmek amacıyla, üretilen formaldehit ve fenol formaldehit tutkallar ve Sarıçam ve Doğu kayını masif malzemeler kullanılarak 500×500×18 mm ölçülerinde masif levhalar üretilmiştir. İkinci bölümde üretilen örneklerin vernikli ve verniksiz durumda, farklı nem ve sıcaklık ortamlardaki, formaldehit salınımına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29. Masif levha çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<0,05 SIG.
Ağaç(A)	1	0,704	0,7040	2040,8775	0,0000
Emprenye(B)	1	0,603	0,6030	1749,1568	0,0000
AxB	1	0,008	0,0080	24,3866	0,0000
Vernik (C)	1	0,307	0,3070	888.7881	0,0000
AxC	1	0,010	0,0100	28,7836	0,0000
BxC	1	0,079	0,0790	230,4513	0,0000
AxBxC	1	0,001	0,0010	1,7990	0,1809
Ortam (D)	2	4,517	2,2585	6548,0104	0,0000
AxD	2	0,126	0,0630	182,0824	0,0001
BxD	2	0,116	0,0580	168,7555	0,0000
AxBxD	2	0,050	0,0250	72,4154	0,0000
CxD	2	0,011	0,0055	15,5747	0,0000
AxCxD	2	0,027	0,0135	39,6584	0,0000
BxCxD	2	0,020	0,0100	29,0782	0,0027
AxBxCxD	2	0,004	0,0020	6,0390	
Hata	288	0,099	0,0003		
Toplam	311	6,683			

Ağaç (masif) malzemeden (sarıçam ve Doğu kayını), farklı tutkallarla (üre formaldehit ve fenol formaldehit) üretilen örneklerin, farklı nem ve sıcaklık ortamlarındaki, formaldehit salınımına etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır($\alpha = 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında önemli olduğunu belirlemek için DUNCAN testi uygulanmıştır.

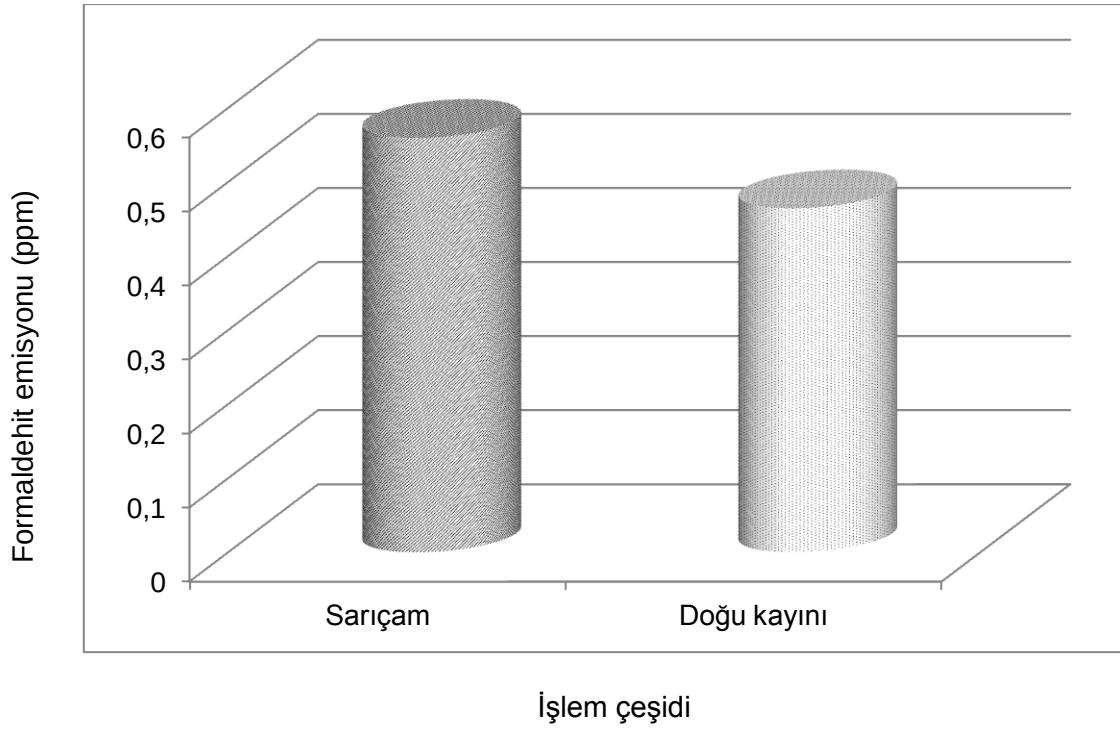
Ağaç türüne göre formaldehit emisyonu ortalama değerleri Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Ağaç türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

Ağaç Türü	x	HG
Sarıçam (Ç)	0,5596	A
Doğu kayını (K)	0,4646	B

LSD : 0.003859

En yüksek formaldehit emisyonu değeri sarıçamda (0,5596 ppm), en düşük Doğu kayınında (0,4646 ppm) elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 18. Ağaç türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

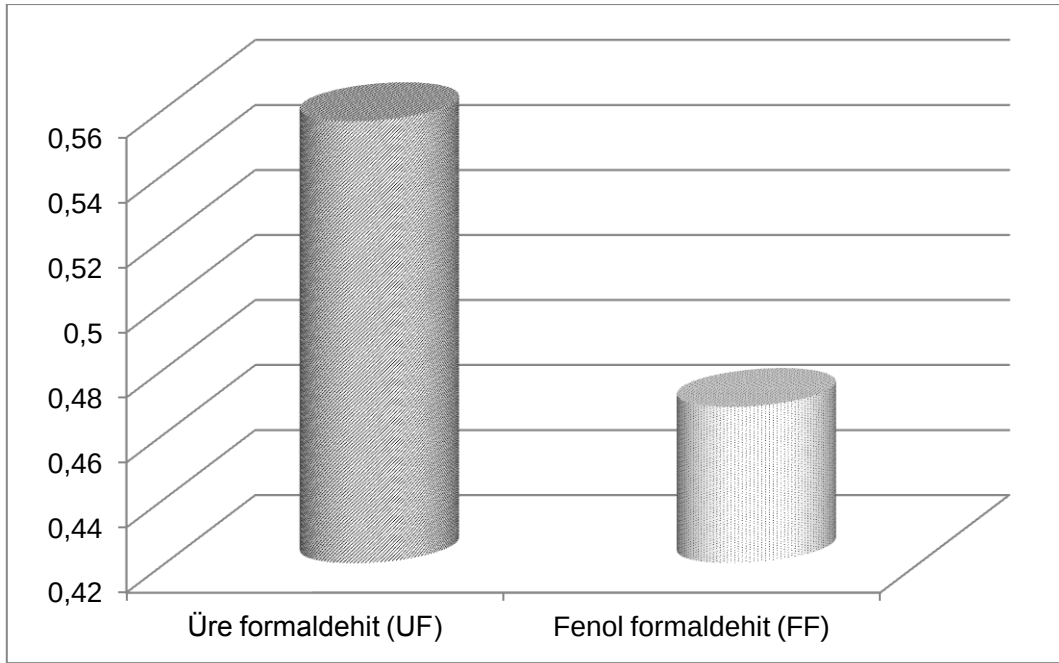
Tutkal çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 31. Tutkal çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

Tutkal Çeşidi	x	HG
Üre formaldehit (UF)	0,5560	A
Fenol formaldehit (FF)	0,4681	B

LSD = 0.003859

En yüksek formaldehit emisyonu Üre formaldehit tutkalda (0,5560 ppm), en düşük formaldehit emisyonu değeri ise fenol formaldehit tutkalda (0,4681 ppm) elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 19'da verilmiştir.



Şekil 19. Tutkal çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

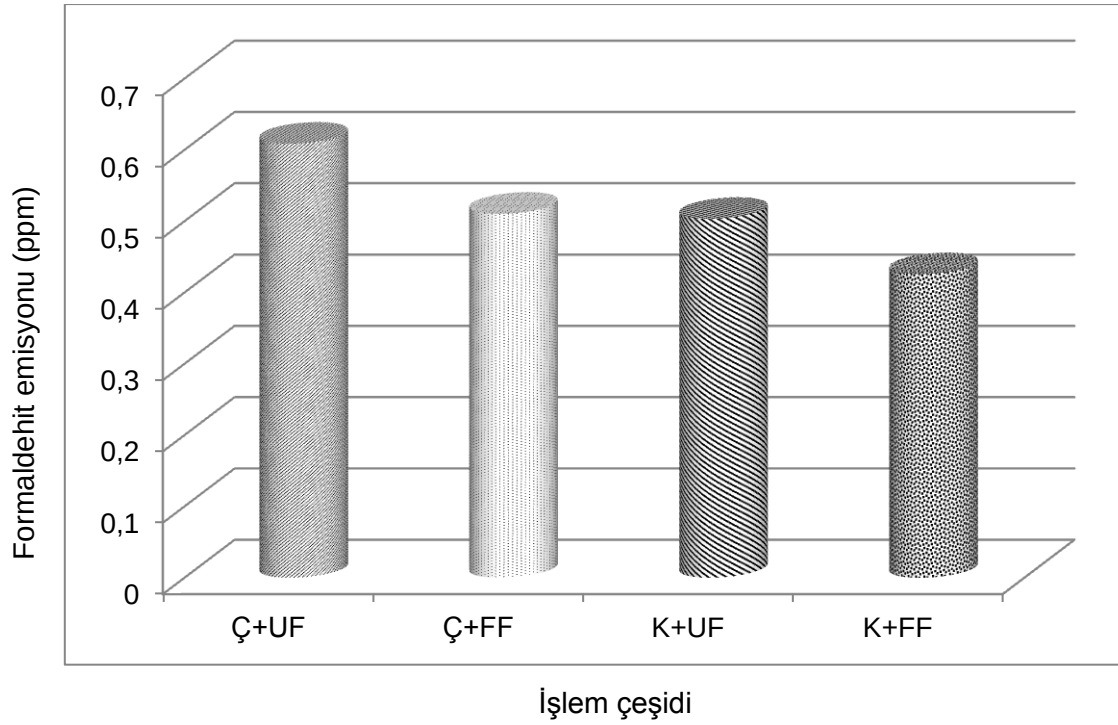
Ağaç türü ve tutkal çeşidi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 32. Ağaç türü ve tutkal çeşidi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+UF	0,6087	A
Ç+FF	0,5104	B
K+UF	0,5033	C
K+FF	0,4258	D

LSD : 0.005457

En yüksek formaldehit emisyonu değeri üre formaldehit tutkalla üretilen çam levhalarda (0,6087 ppm) elde edilmiştir. En düşük formaldehit emisyonu değeri (0,4258 ppm) ise fenol formaldehit tutkal ile üretilen kayın levhalarda ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 20. Ağaç türü ve tutkal çeşidi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

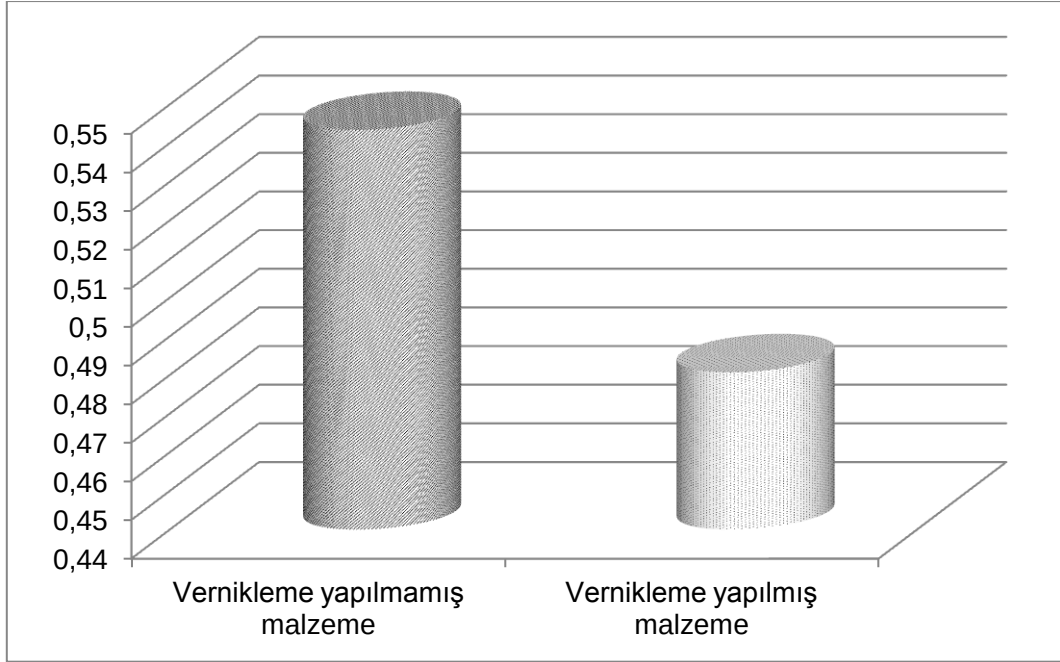
Vernik işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 33'de verilmiştir.

Tablo 33. Vernik işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Vernikleme yapılmamış malzeme (VZ)	0,5434	A
Vernikleme yapılan malzeme (VL)	0,4807	B

LSD : 0.003859

Verniklenmemiş deney örneklerinde en yüksek formaldehit emisyonu değeri (0,4807 ppm); verniklenmiş deney örneklerinde formaldehit emisyonu değeri en düşük (0,5434 ppm) elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 21'de verilmiştir.



Şekil 21. Vernik işlemine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

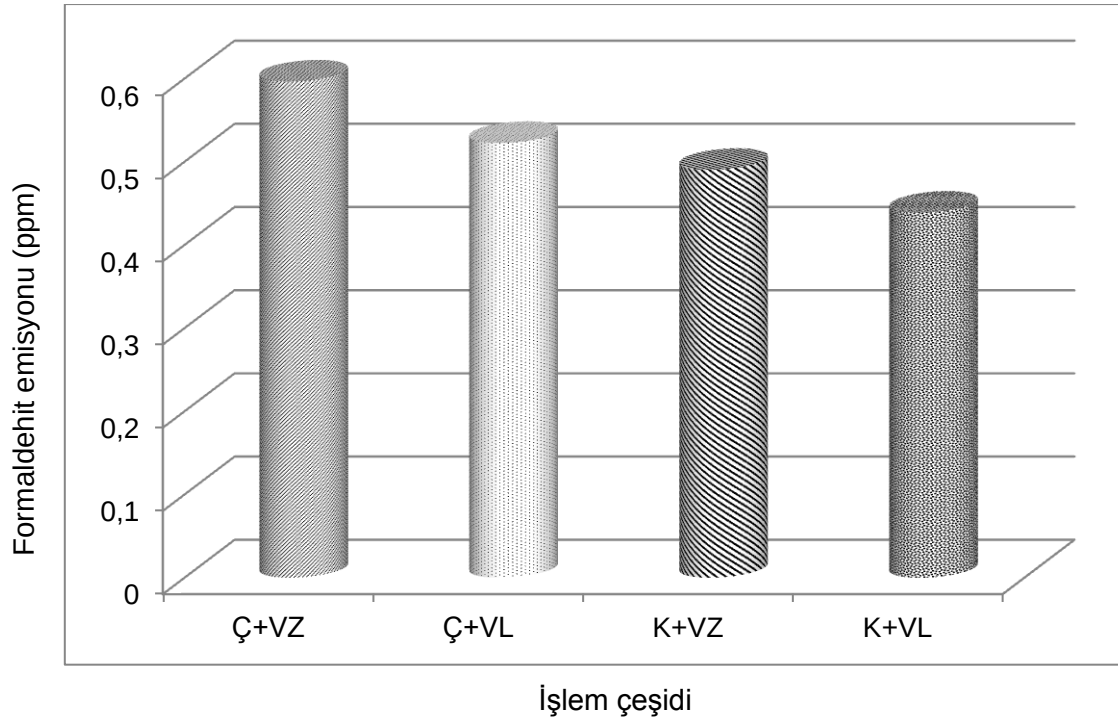
Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 34’de verilmiştir.

Tablo 34. Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+VZ	0,5965	A
Ç+VL	0,5226	B
K+VZ	0,4903	C
K+VL	0,4388	D

LSD : 0.005457

Verniksiz sarıçam levhalardan en yüksek formaldehit salınımı (0,5965 ppm); en düşük formaldehit emisyonu değeri (0,4388 ppm) ise vernikli Doğu kayını örneklerde ortaya çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 22’de verilmiştir.



Şekil 22. Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

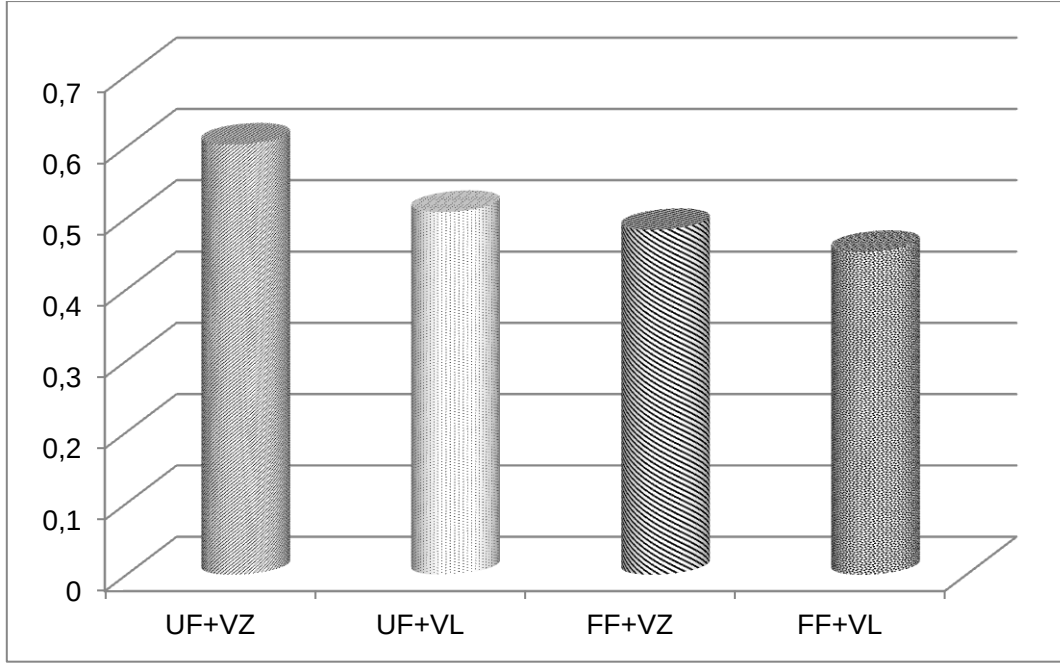
Tutkal çeşidi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 35'te verilmiştir.

Tablo 35. Tutkal çeşidi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
UF+VZ	0,6033	A
UF+VL	0,5087	B
FF+VZ	0,4835	C
FF+VL	0,4527	D

LSD : 0.005457

Verniksiz üre formaldehit tutkalı en yüksek emisyonu (0,6033 ppm) ortama verirken, en düşük emisyon (0,4527 ppm) fenol formaldehit tutkalının vernikli örneklerinde ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 23'de verilmiştir.



Şekil 23. Tutkal çeşidi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

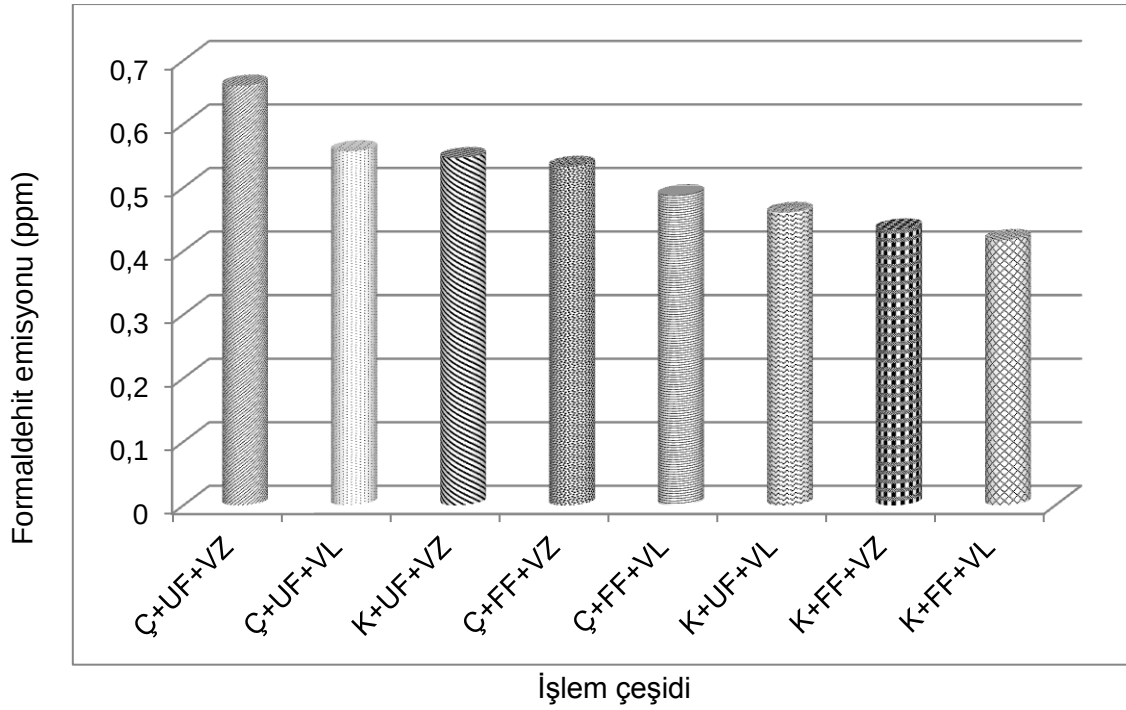
Ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+UF+VZ	0,6603	A
Ç+UF+VL	0,5572	B
K+UF+VZ	0,5464	B
Ç+FF+VZ	0,5328	BC
Ç+FF+VL	0,4879	CD
K+UF+VL	0,4603	DE
K+FF+VZ	0,4341	E
K+FF+VL	0,4174	E

LSD :0.007718

En yüksek formaldehit emisyonu değeri üre formaldehit tutkallı, verniksiz sarıçam örneklerinde (0,6603 ppm), en düşük formaldehit emisyonu değeri (0,4174 ppm) ise fenol formaldehit tutkallı, vernikli doğu kayını örneklerde ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 24'de verilmiştir.



Şekil 24. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernik işlemi etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

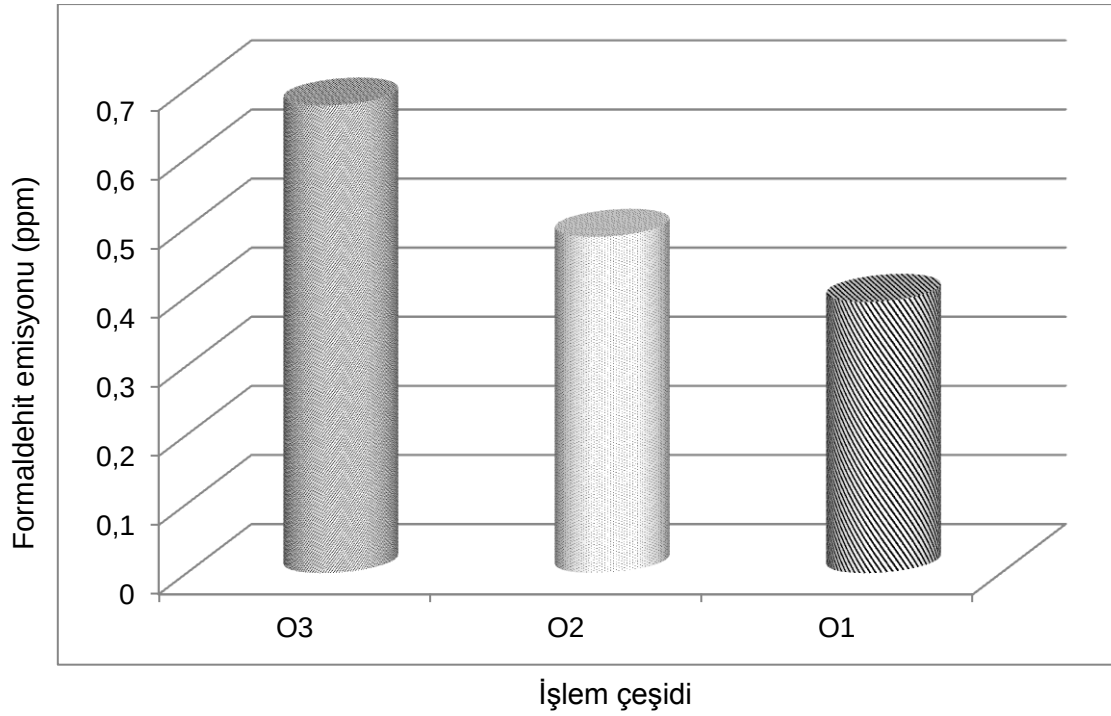
Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

Ortam Çeşidi	x	HG
40°C Sıcaklık- %35 Nem (O3)	0,6767	A
20°C Sıcaklık- %65 Nem (O2)	0,4868	B
10°C Sıcaklık- %95 Nem (O1)	0,3926	C

LSD : 0.004726

Ortama göre en yüksek formaldehit emisyonu değeri (0,6767 ppm), O3’te, en düşük formaldehit emisyonu değeri (0,3926 ppm) O1’de elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 25’te verilmiştir.



Şekil 25. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

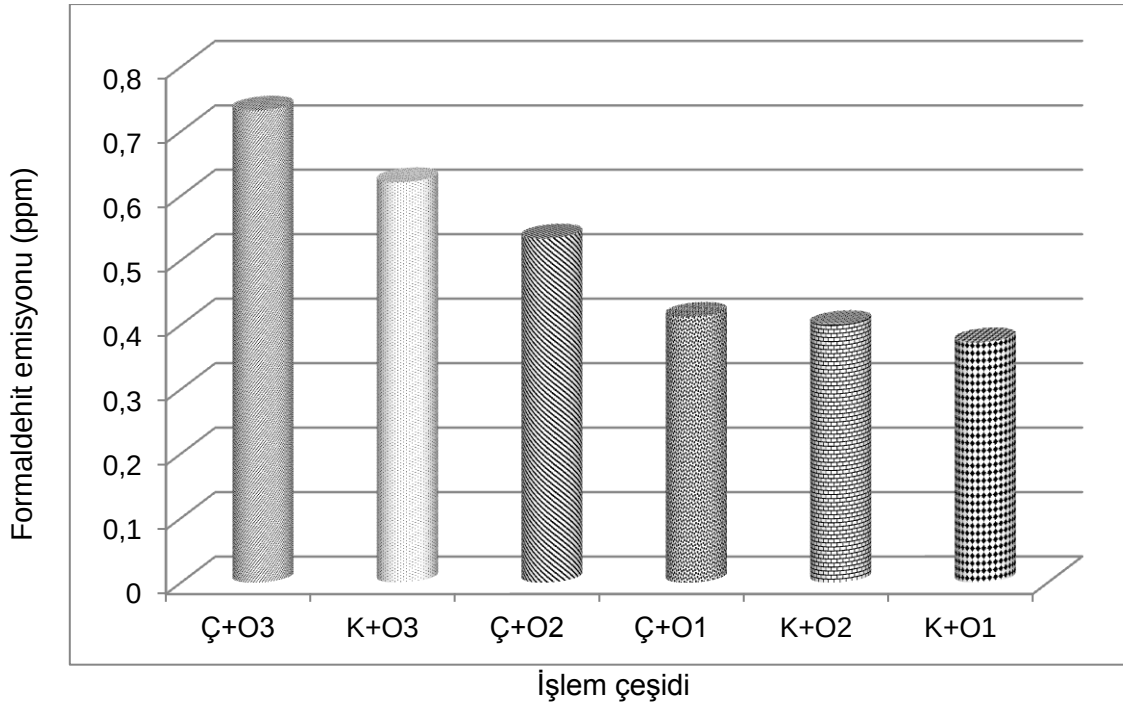
Ağaç türü ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 38'de verilmiştir.

Tablo 38. Ağaç türü ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+O3	0,7323	A
K+O3	0,6212	B
Ç+O2	0,5338	C
Ç+O1	0,4125	D
K+O2	0,3998	E
K+O1	0,3727	F

LSD : 0.006684

En yüksek formaldehit emisyonu değeri (0,7323 ppm), sarıçam levhada 3. Ortamda, en düşük formaldehit emisyonu değeri (0,3727 ppm), Doğu kayınında 1. Ortamda elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 26'da verilmiştir.



Şekil 26. Ağaç türü ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

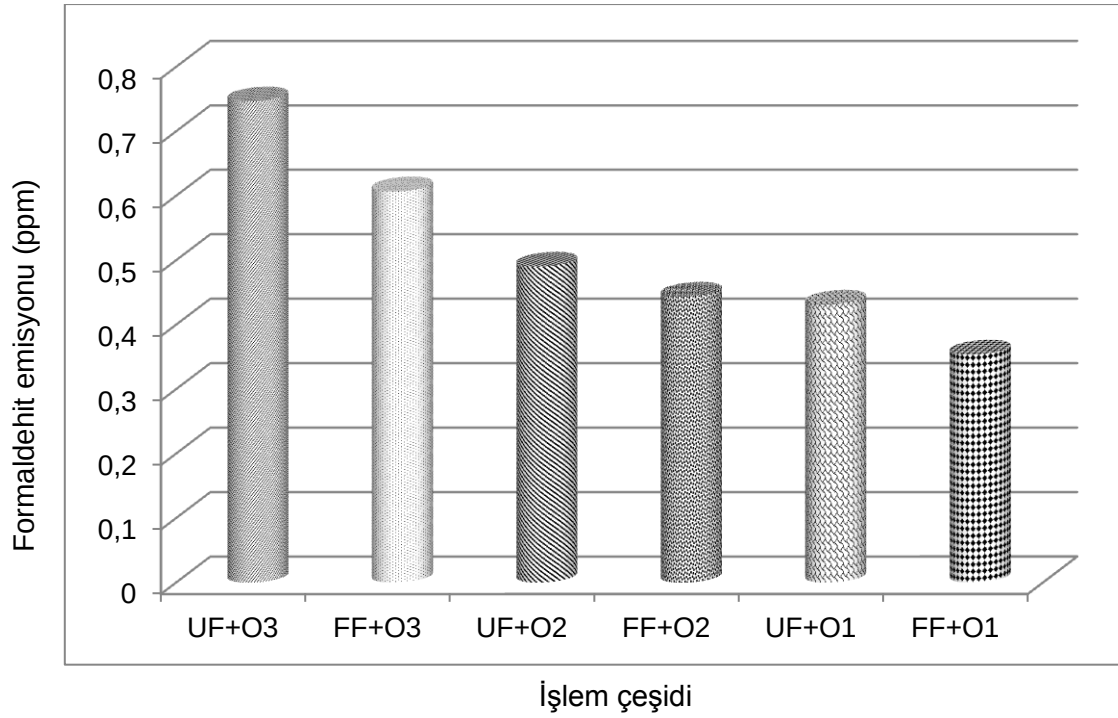
Tutkal çeşidi ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 39'da verilmiştir.

Tablo 39. Tutkal çeşidi ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
UF+O3	0,7465	A
FF+O3	0,6069	B
UF+O2	0,4902	C
FF+O2	0,4435	D
UF+O1	0,4313	E
FF+O1	0,3538	F

LSD : 0.006684

3. Ortamda üre formaldehit tutkal en yüksek formaldehit emisyonu (0,7465 ppm), en düşük formaldehit emisyonu 1. Ortamda fenol formaldehit tutkalda (0,3538 ppm) elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 27'de verilmiştir.



Şekil 27. Tutkal çeşidi ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

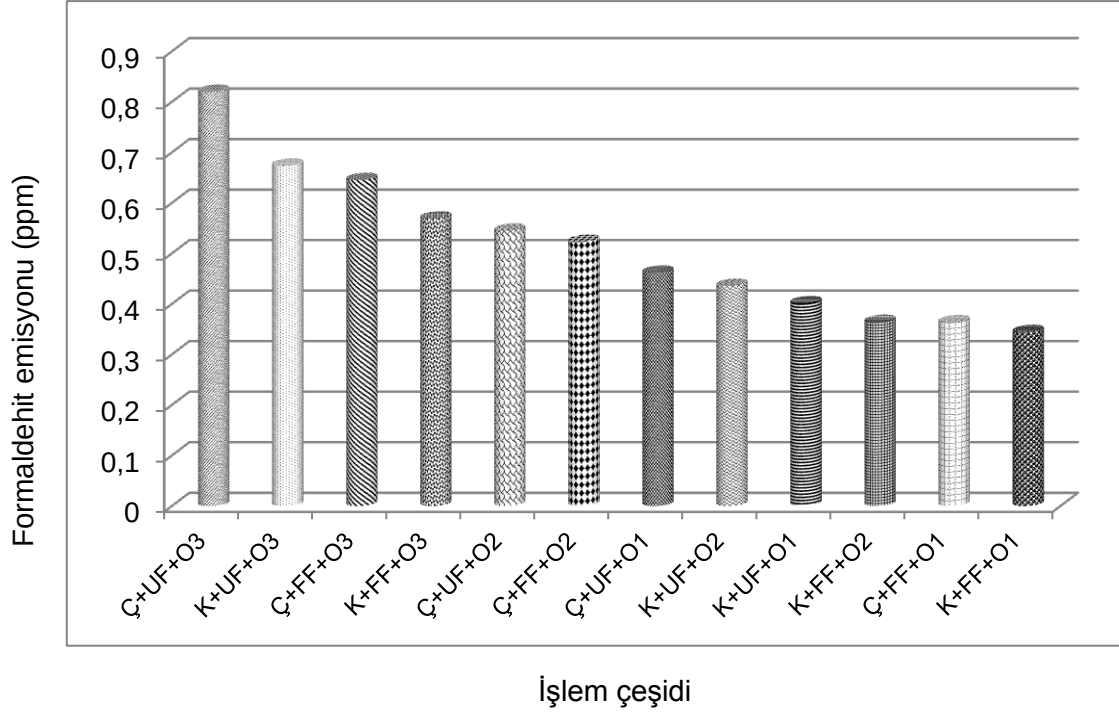
Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 40'da verilmiştir.

Tablo 40. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+UF+O3	0,8196	A
K+UF+O3	0,6735	B
Ç+FF+O3	0,6450	C
K+FF+O3	0,5688	D
Ç+UF+O2	0,5450	E
Ç+FF+O2	0,5227	F
Ç+UF+O1	0,4615	G
K+UF+O2	0,4354	H
K+UF+O1	0,4012	I
K+FF+O2	0,3642	J
Ç+FF+O1	0,3635	J
K+FF+O1	0,3442	K

LSD : 0.009452

Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney yapılan ortam durumuna göre, en yüksek formaldehit emisyonu Ç+UF+O3'te (0,8196 ppm); en düşük formaldehit emisyonu değeri K+FF+O1'de (0,3442 ppm) ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 28'de verilmiştir.



Şekil 28. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

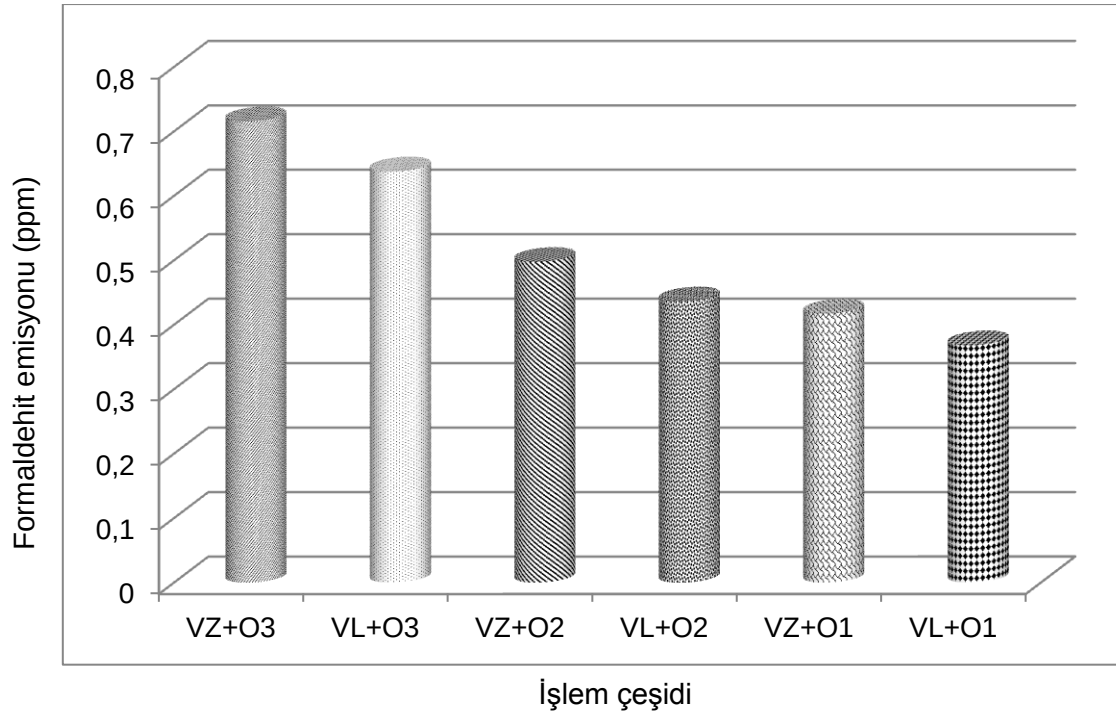
Vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 41'de verilmiştir.

Tablo 41. Vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
VZ+O3	0,7156	A
VL+O3	0,6379	B
VZ+O2	0,4975	C
VL+O2	0,4362	D
VZ+O1	0,4171	E
VL+O1	0,3681	F

LSD : 0.006684

En yüksek formaldehit emisyonu değeri (0,7156 ppm) verniksiz örneklerin 3. Ortamda yapılan ölçümlerinde, en düşük formaldehit emisyonu değeri (0,3681 ppm) ise vernikli 1. Ortam ölçümlerinde elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 29'da verilmiştir.



Şekil 29. Vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

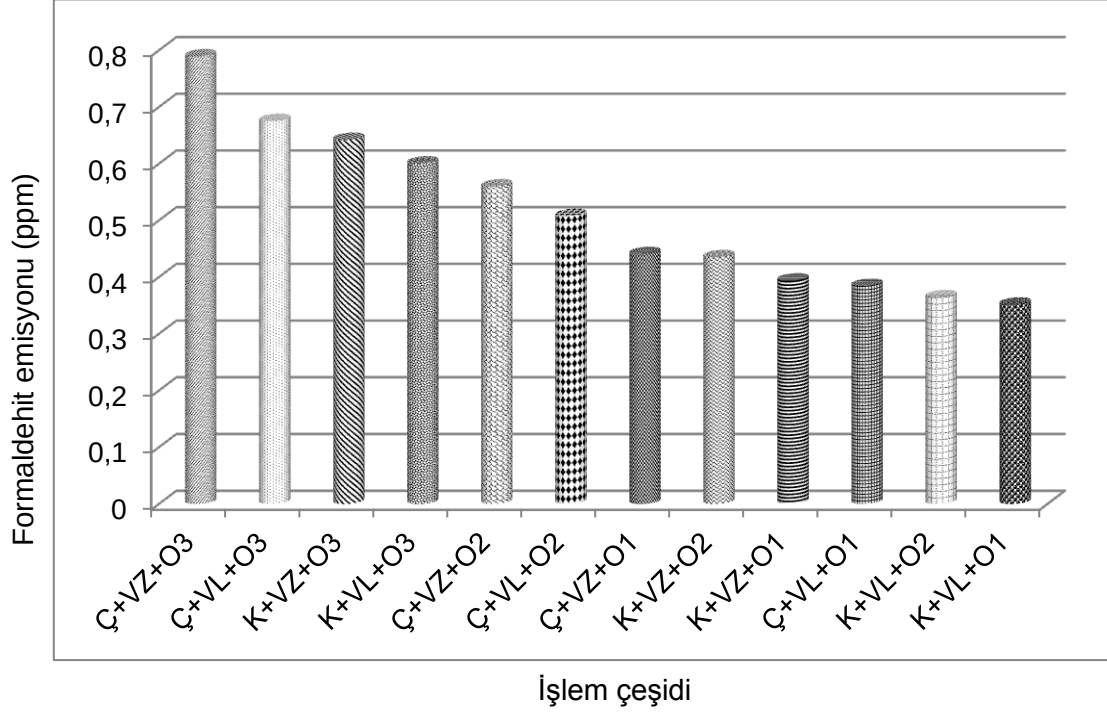
Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 42’de verilmiştir.

Tablo 42. Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+VZ+O3	0,7892	A
Ç+VL+O3	0,6754	B
K+VZ+O3	0,6419	C
K+VL+O3	0,6004	D
Ç+VZ+O2	0,5600	E
Ç+VL+O2	0,5077	F
Ç+VZ+O1	0,4404	G
K+VZ+O2	0,4350	G
K+VZ+O1	0,3938	H
Ç+VL+O1	0,3846	H
K+VL+O2	0,3646	I
K+VL+O1	0,3515	J

LSD : 0.009452

Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu Ç+VZ+O3'te (0,7892 ppm), en düşük formaldehit emisyonu K+VL+O1'de (0,3515 ppm) ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 30'da verilmiştir.



Şekil 30. Ağaç türü, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

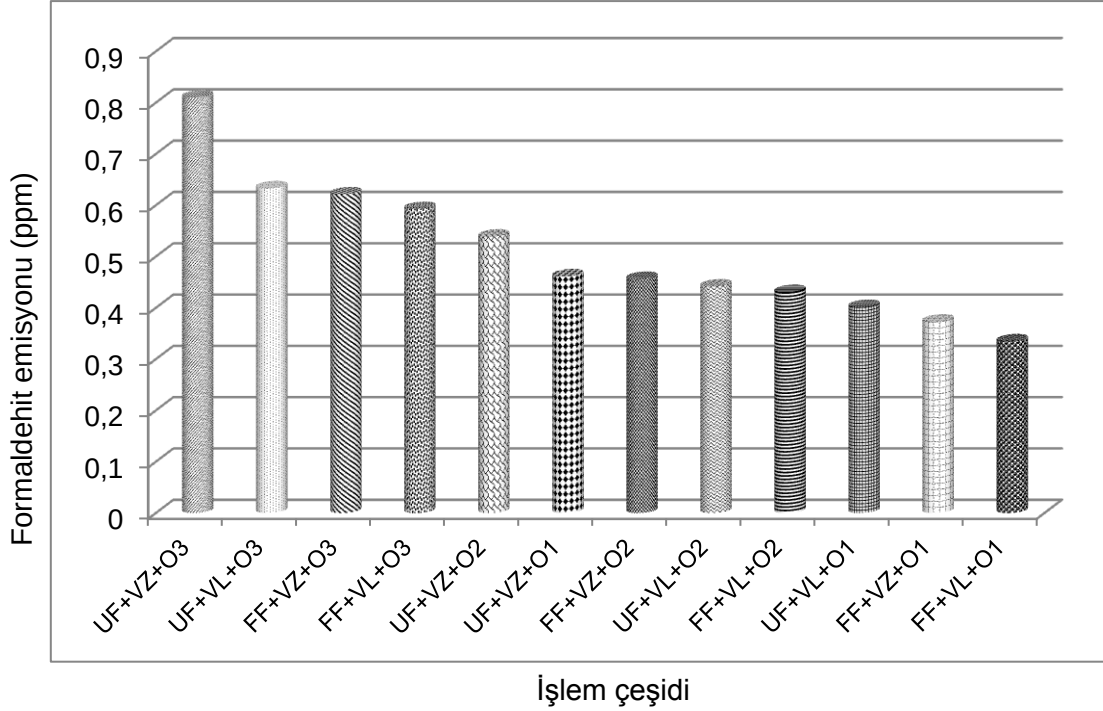
Tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 43'de verilmiştir.

Tablo 43. Tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
UF+VZ+O3	0,8100	A
UF+VL+O3	0,6831	B
FF+VZ+O3	0,6212	C
FF+VL+O3	0,5927	D
UF+VZ+O2	0,5388	E
UF+VZ+O1	0,4612	F
FF+VZ+O2	0,4562	F
UF+VL+O2	0,4415	G
FF+VL+O2	0,4308	H
UF+VL+O1	0,4015	I
FF+VZ+O1	0,3731	J
FF+VL+O1	0,3346	K

LSD : 0.009452

Tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu (0,8100 ppm), UF+VZ+O3 etkileşiminde; en düşük formaldehit emisyonu (0,3346 ppm) FF+VL+O1 etkileşiminde ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 31’de verilmiştir.



Şekil 31. Tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

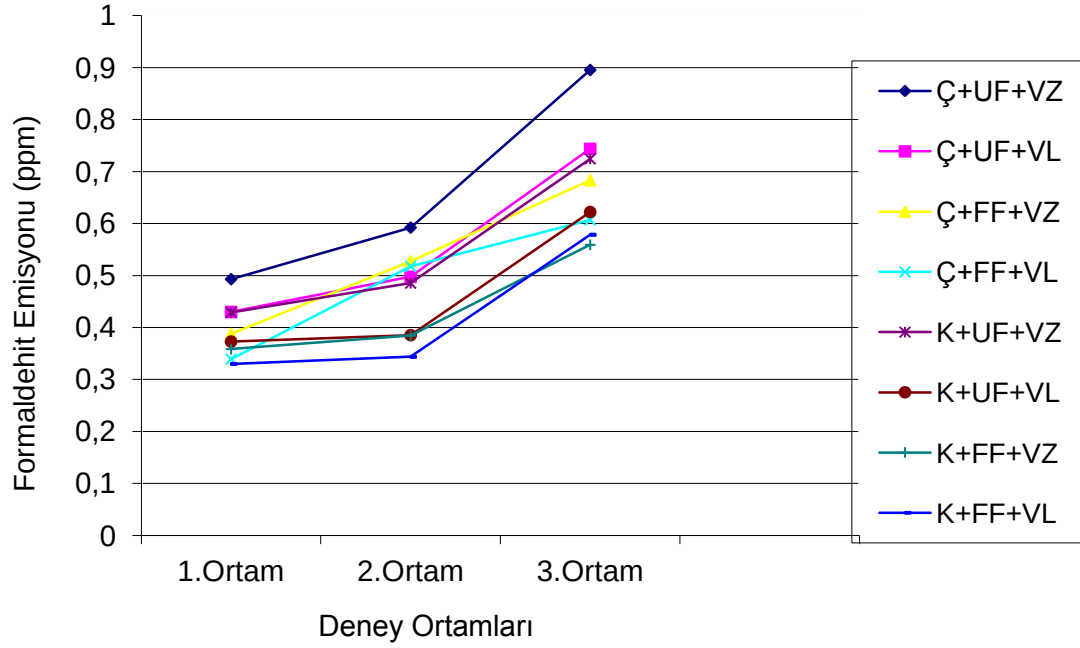
Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 44’de verilmiştir.

Tablo 44. Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	X	HG	İşlem Çeşidi	x	HG
Ç+UF+VZ+O3	0,8954	A	Ç+UF+VZ+O1	0,4931	K
Ç+UF+VL+O3	0,7438	B	K+UF+VZ+O2	0,4854	K
K+UF+VZ+O3	0,7246	C	Ç+UF+VL+O1	0,4300	L
Ç+FF+VZ+O3	0,6831	D	K+UF+VZ+O1	0,4292	L
K+UF+VL+O3	0,6223	E	Ç+FF+VZ+O1	0,3877	M
Ç+FF+VL+O3	0,6069	F	K+UF+VL+O2	0,3854	MN
Ç+UF+VZ+O2	0,5923	G	K+FF+VZ+O2	0,3846	MN
K+FF+VL+O3	0,5785	H	K+UF+VL+O1	0,3731	N
K+FF+VZ+O3	0,5592	I	K+FF+VZ+O1	0,3585	O
Ç+FF+VZ+O2	0,5277	J	K+FF+VL+O2	0,3438	P
Ç+FF+VL+O2	0,5177	J	Ç+FF+VL+O1	0,3392	P
Ç+UF+VL+O2	0,4977	K	K+FF+VL+O1	0,3300	P

LSD : 0.01337

Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu Ç+UF+VZ+O3'te (0,8954 ppm); en düşük formaldehit emisyonu K+FF+VL+O1'de (0,3300 ppm) elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 32'de verilmiştir.



Şekil 32. Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

Tabakalı ağaç malzemelerin farklı nem ve sıcaklıklardaki deney ortamlarındaki, formaldehit emisyonu salınımına ilişkin çoklu varyans analizi Tablo 45'te verilmiştir.

Tablo 45. Tabakalı ağaç malzeme çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<0,05 SIG.
Tabakalı Malzeme(A)	5	5,760	1,152	3,3101	0,0095
Ortam(B)	2	9,044	4,522	12,9789	0,0000
A×B	10	9,035	0,903	2,5933	0,0064
Hata	144	50,169	0,348		
Toplam	161	74,008			

Tabakalı ağaç malzemenin, farklı nem ve sıcaklık ortamlarında, formaldehit salınımına etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha = 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında önemli olduğunu belirlemek için DUNCAN testi uygulanmıştır.

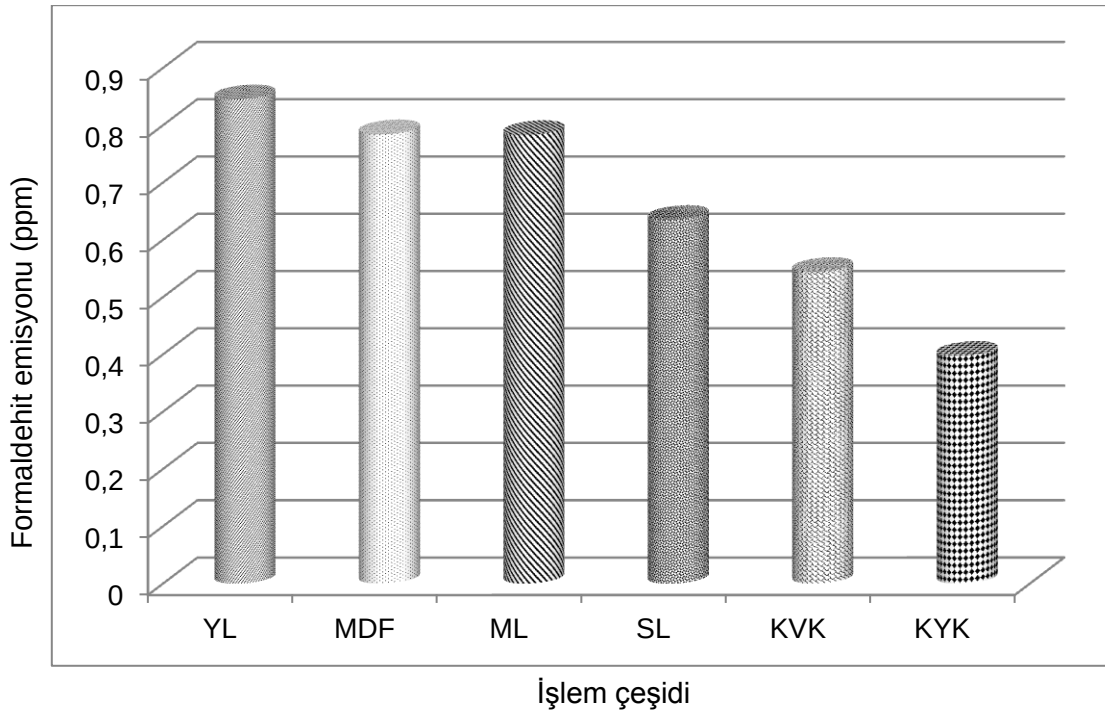
Tabakalı ağaç malzeme türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo 46. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

Tabakalı Ağaç Malzeme Çeşidi	x	HG
YL	0,8451	A
MDF	0,7841	AB
ML	0,7828	AB
SL	0,6346	ABC
KVK	0,5438	BC
KYK	0,3974	C

LSD : 0,2632

Tabakalı ağaç malzeme türüne göre en yüksek formaldehit emisyon değeri (0,8451ppm), hiçbir işlem yapılmamış ham yonga levhada ölçülmüştür. En düşük formaldehit emisyonu değeri (0,3974 ppm) ise ham kayın kontrplakta ölçülmüştür. Kavak kontrplak değeri (0,5438 ppm) kayın kontrplak değerinden (0,3974ppm) yüksek çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 33'te verilmiştir.



Şekil 33. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

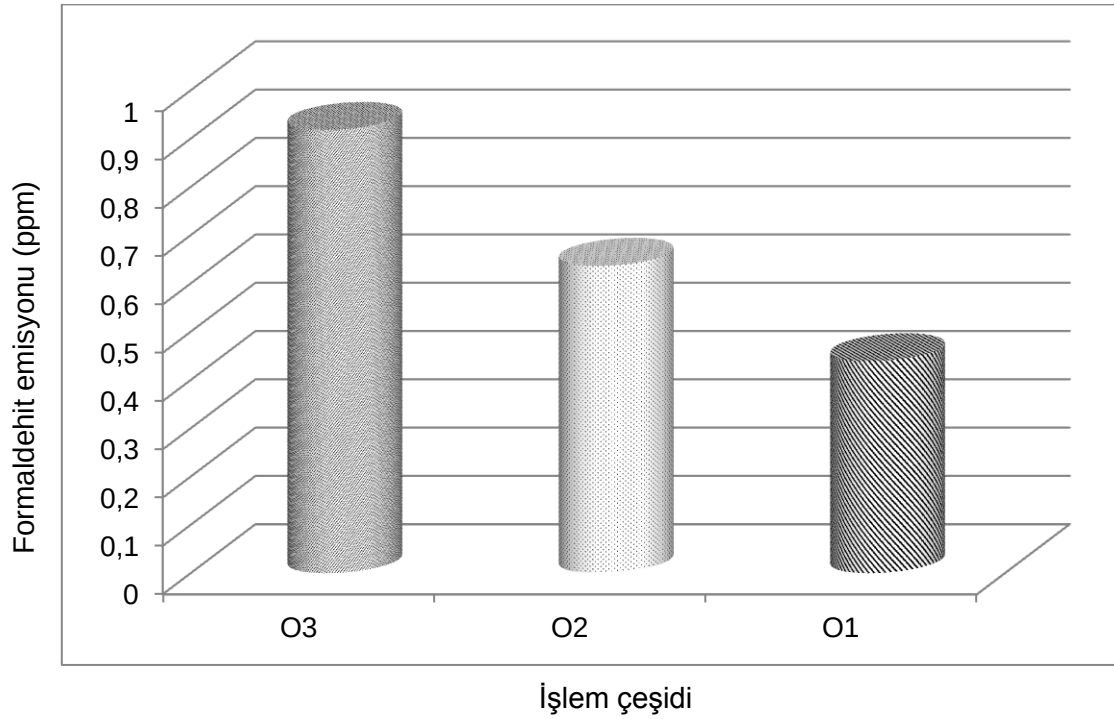
Deney ortamına göre formaldehit emisyonu ortalama değerleri Tablo 47’de verilmiştir.

Tablo 47. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem eşidi	x	HG
O3	0,9182	A
O2	0,6367	B
O1	0,4391	C

LSD : 0,1861

En yüksek formaldehit emisyon değeri O3’te (0,9182 ppm); en düşük formaldehit emisyonu değeri O1’de (0,4391 ppm) elde edilmiştir. Buna ait grafik şekil 34’te verilmiştir.



şekil 34. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

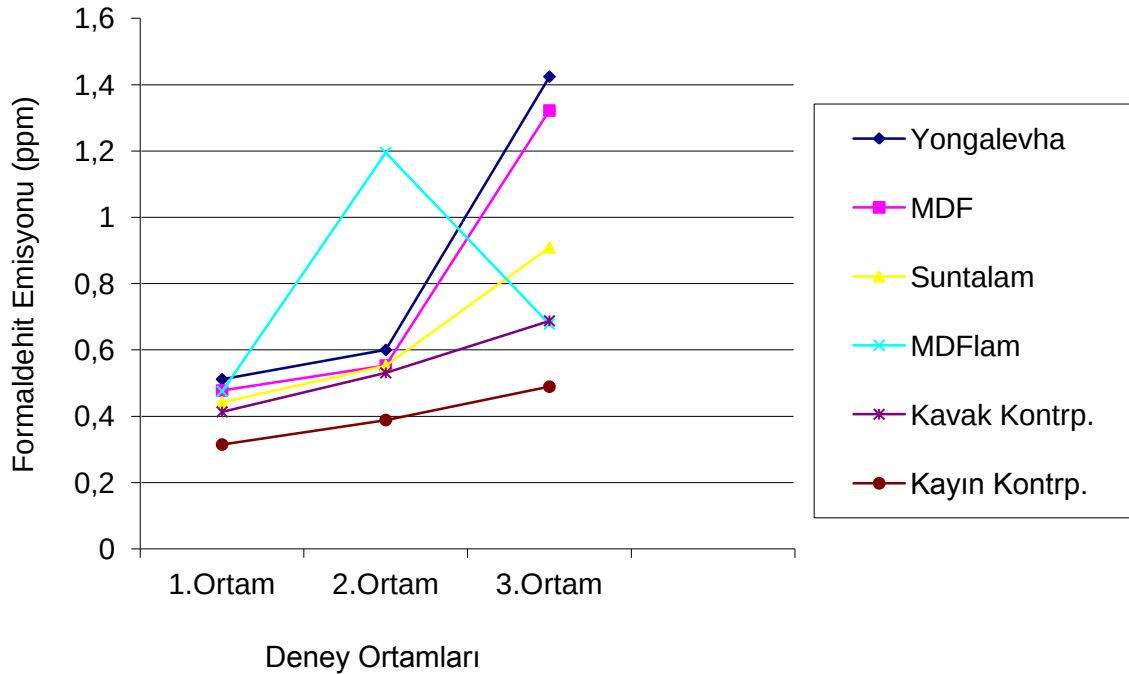
Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 48’de verilmiştir.

Tablo 48. Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG	İşlem Çeşidi	x	HG
YL+O3	1,424	A	KVK+O2	0,5308	CD
MDF+O3	1,322	AB	YL+O1	0,5115	CD
ML+O2	1,195	AB	KYK+O3	0,4892	CD
SL+O3	0,9092	BC	MDF+O1	0,4777	CD
KVK+O3	0,6877	CD	ML+O1	0,4754	CD
ML+O3	0,6777	CD	SL+O1	0,4423	CD
YL+O2	0,6000	CD	KVK+O1	0,4131	CD
MDF+O2	0,5531	CD	KYK+O2	0,3885	CD
SL+O2	0,5523	CD	KYK+O1	0,3146	D

LSD:0,4559

Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu (1,424 ppm) YL+O3 etkileşiminde, en düşük formaldehit emisyonu (0,3146 ppm) KYK+O1 etkileşiminde el edilmiştir. Buna ait grafik Şekil.35’de verilmiştir.



Şekil 35. Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

Tabakalı ağaç malzeme örneklerinden Suntalam ve MDFlam için kenarları kaplanmamış ve kanarları kaplanmış olarak hazırlanan örneklerin farklı nem ve

sıcaklıklarda ortama yaydıkları formaldehit emisyonuna ilişkin varyans analizi Tablo 49'da verilmiştir.

Tablo 49. İşlemli tabakalı ağaç malzeme çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<0,05 SIG.
Tabakalı Malzeme(A)	1	0,389	0,389	859,7512	0,0000
İşlem(B)	1	0,278	0,278	615,2742	0,0000
A×B	1	0,040	0,040	89,2576	0,0000
Ortam(C)	2	2,564	1,282	2833,2569	0,0000
A×C	2	0,197	0,099	217,9991	0,0000
B×C	2	0,029	0,015	32,1251	0,0000
A×B×C	2	0,048	0,024	52,6796	0,0000
Hata	144	0,065	0,012		
Toplam	155	3,611			

Tabakalı ağaç malzemenin, kenarları kaplanmış ve kenarları kaplanmamış durumda, farklı nem ve sıcaklık ortamlarında, formaldehit salınımına etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır($\alpha = 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında önemli olduğunu belirlemek için DUNCAN testi uygulanmıştır.

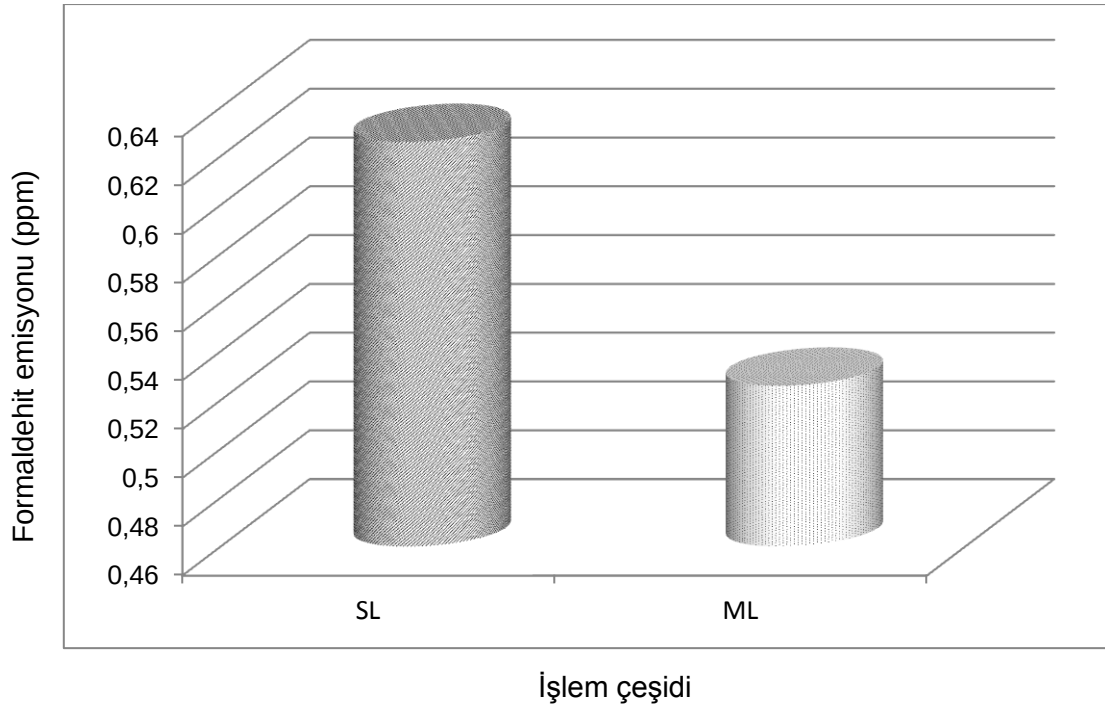
Tabakalı ağaç malzeme türüne göre formaldehit emisyonu ortalama değerleri Tablo 50'de verilmiştir.

Tablo 50. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

Tabakalı Ağaç Malzeme Çeşidi	x	HG
SL	0,6258	A
ML	0,5259	B

LSD : 0,03465

Deneyler sonucunda en yüksek formaldehit emisyon değeri (0,6258 ppm), suntalamda, en düşük değer (0,5259 ppm) ise MDFlamda bulunmuştur. Buna ait grafik Şekil 36'da verilmiştir.



Şekil 36. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

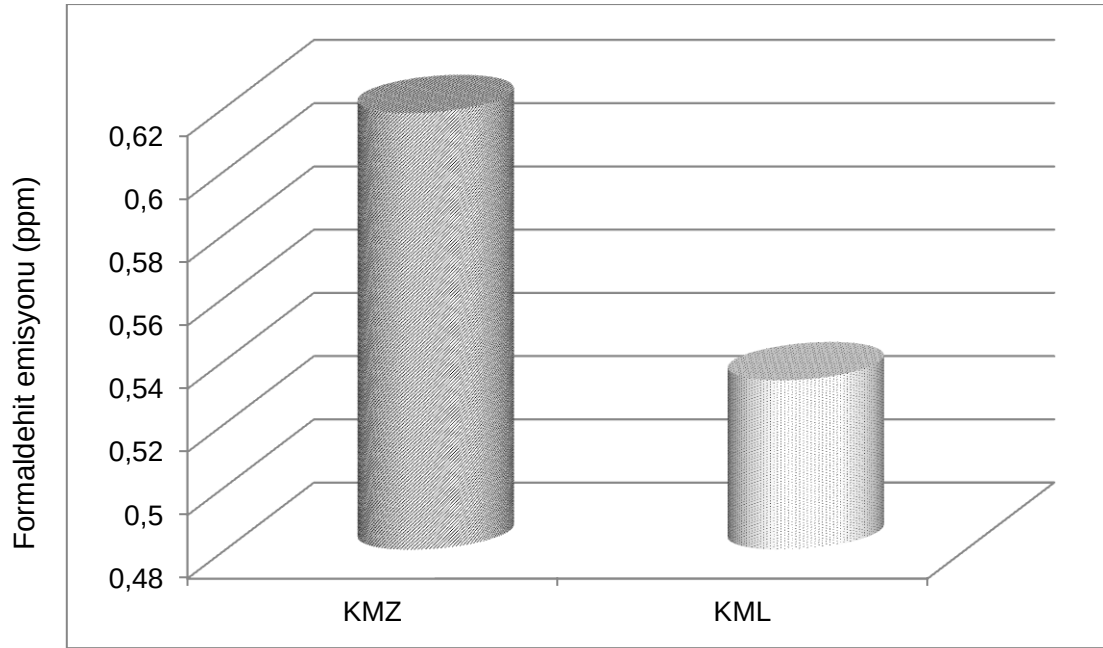
Deney örneklerinin kenarlarının kaplanmamış ve kaplanmış olmasına göre ortalama formaldehit emisyon değerleri Tablo 51’de verilmiştir.

Tablo 51. Deney örneklerinin kenarlarının kaplanmamış ve kaplanmış olmasına göre ortalama formaldehit emisyon değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
KMZ	0,6181	A
KML	0,5336	B

LSD : 0,03465

Kenarları kaplanmamış deney örneklerinde formaldehit emisyonu (0,6181 ppm) daha yüksek çıkmıştır. Kenarları kaplanmış deney örneklerinde en düşük formaldehit emisyonu (0,5336 ppm) elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 37’de verilmiştir.



İşlem çeşidi

Şekil 37. Deney örneklerinin kenarlarının kaplanmamış ve kaplanmış olmasına göre ortalama formaldehit emisyon değerleri

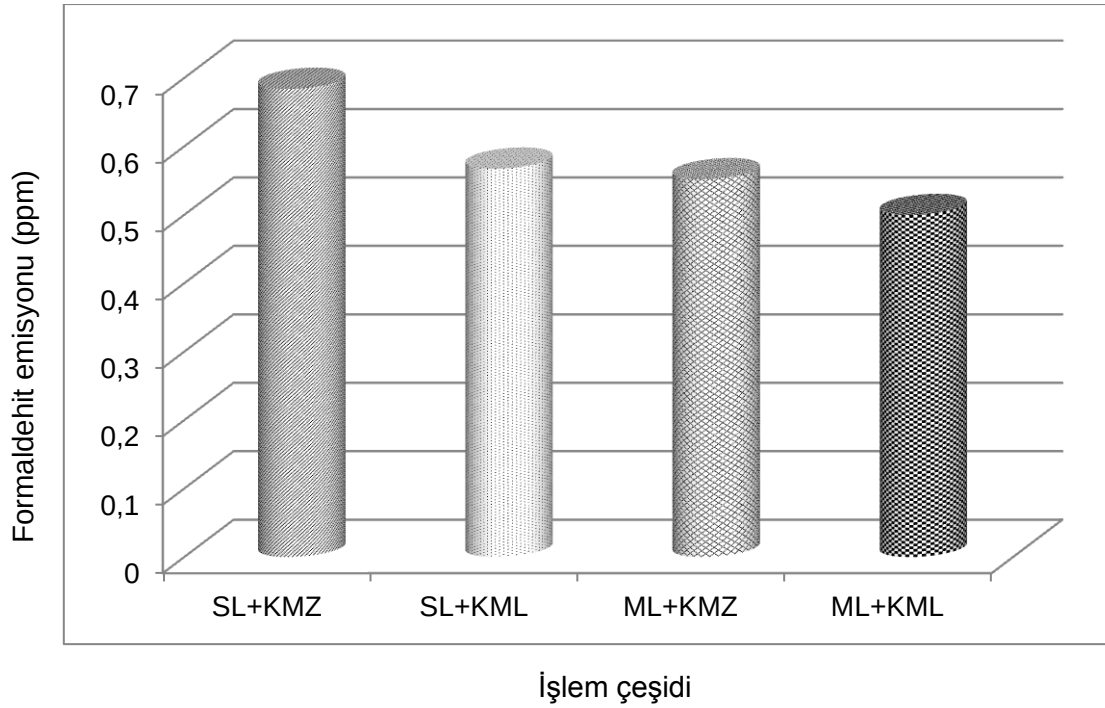
Tabakalı ağaç malzeme türü ve işlem çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 52’de verilmiştir.

Tablo 52. Tabakalı ağaç malzeme türü ve işlem çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
SL+KMZ	0,6841	A
SL+KML	0,5674	B
ML+KMZ	0,5521	B
ML+KML	0,4997	C

LSD : 0,04900

Kenarları kaplamasız suntalam en yüksek formaldehit emisyonu değeri (0,6841 ppm), kenarları kaplamalı MDFlam ise en düşük formaldehit emisyonu değeri (0,4997 ppm) vermiştir. Buna ait grafik Şekil 38’de verilmiştir.



Şekil 38. Tabakalı ağaç malzeme türü ve işlem çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

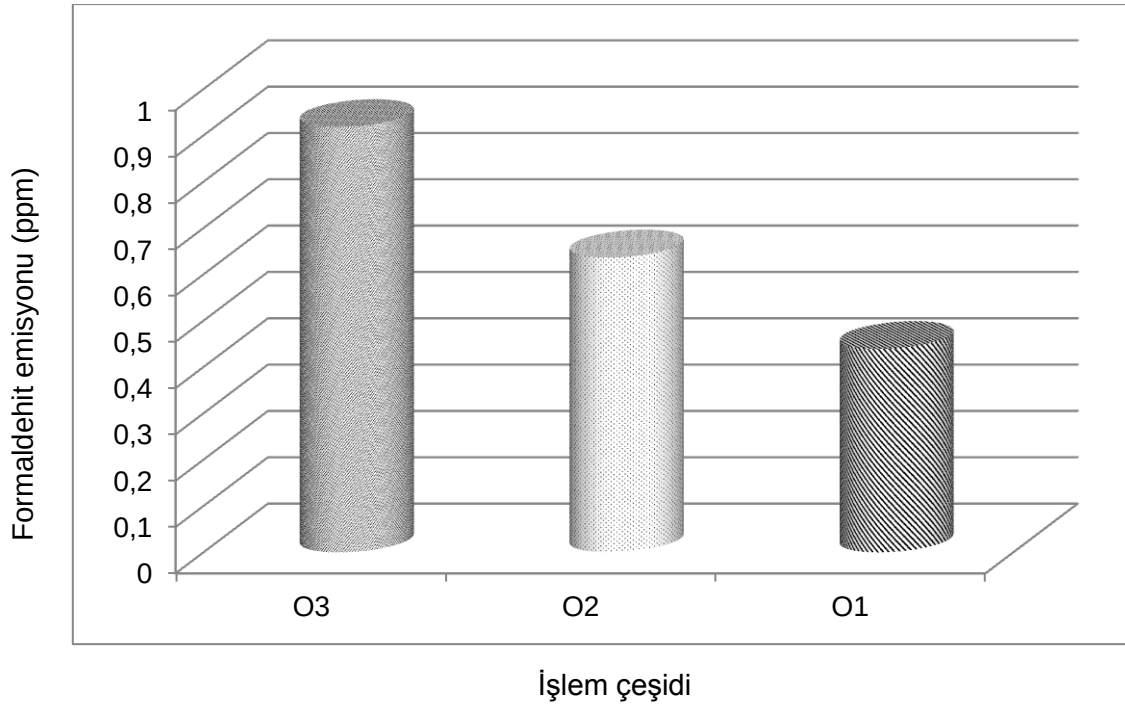
Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 53'te verilmiştir.

Tablo 53. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

Ortam Çeşidi	x	HG
O3	0,7535	A
O2	0,5185	B
O1	0,4556	C

LSD : 0,04244

Deney ortamına göre en yüksek formaldehit emisyonu değeri (0,7535 ppm) O3'te; en düşük formaldehit emisyonu değeri (0,4556 ppm) O1'de ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 39'da verilmiştir.



Şekil 39. Tabakalı ağaç malzeme türü ve işlem çeşidine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

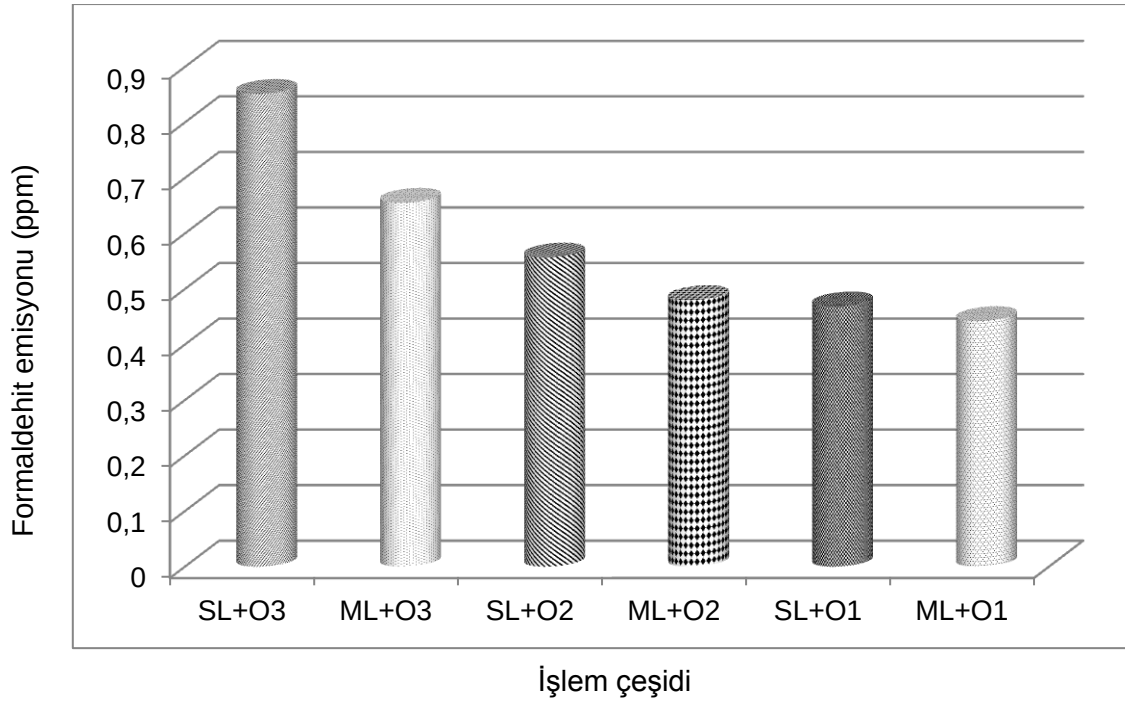
Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 54’de verilmiştir.

Tablo 54. Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
SL+O3	0,8515	A
ML+O3	0,6554	B
SL+O2	0,5569	C
ML+O2	0,4800	D
SL+O1	0,4688	D
ML+O1	0,4423	D

LSD : 0,06002

Tabakalı ağaç malzeme türü ve ortam etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu değeri SL+O3’te (0,8515 ppm), en düşük formaldehit emisyonu değeri ML+O1’de (0,4423 ppm) elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 40’da verilmiştir.



Şekil 40. Tabakalı ağaç malzeme türü ve ortam etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

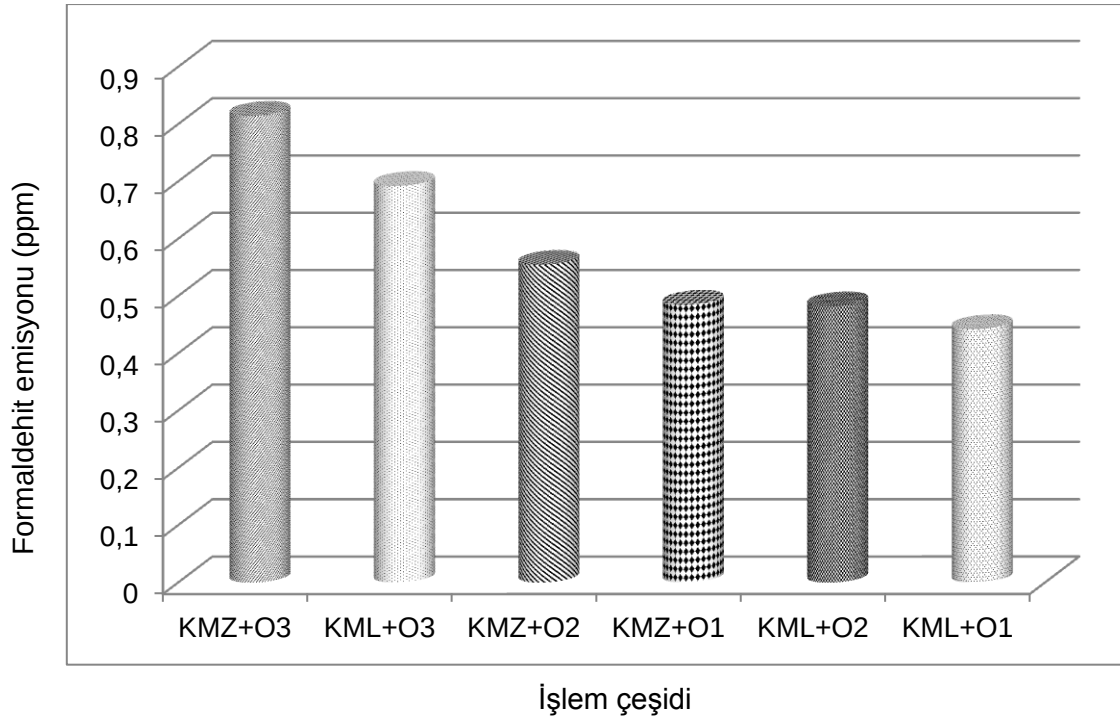
İşlem çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 55'te verilmiştir.

Tablo 55. İşlem çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG
KMZ+O3	0,8146	A
KML+O3	0,6923	B
KMZ+O2	0,5546	C
KMZ+O1	0,4850	D
KML+O2	0,4823	D
KML+O1	0,4262	D

LSD : 0,02148

En yüksek formaldehit emisyonu değeri (0, 8146 ppm), kenarları kaplanmamış örneklerin 3. Ortamdaki deneylerinde bulunmuştur. En düşük değer (0,4262 ppm) ise kenarları kaplanmış 1. Ortam deneylerde bulunmuştur. Buna ait grafik Şekil 41'de verilmiştir.



Şekil 41. İşlem çeşidi ve ortam etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

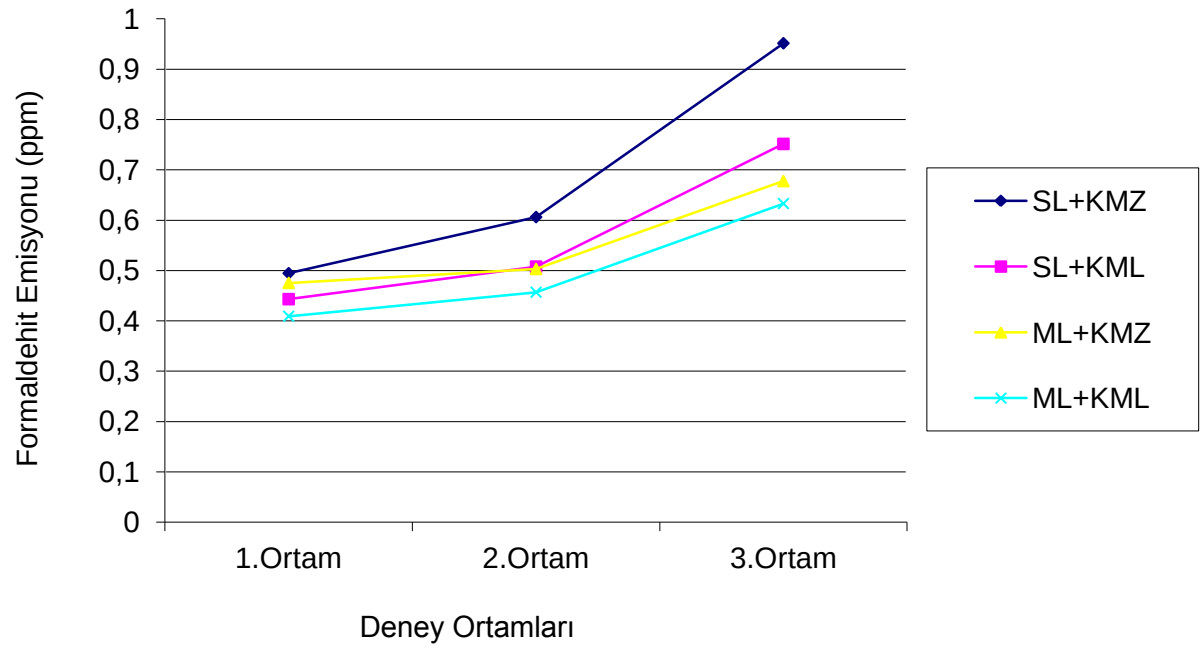
Tabakalı ağaç malzeme türü, işlem çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 56’da verilmiştir.

Tablo 56. Tabakalı ağaç malzeme türü, işlem çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri (ppm)

İşlem Çeşidi	x	HG	İşlem Çeşidi	x	HG
SL+KMZ+O3	0,9515	A	ML+KMZ+O2	0,5031	DE
SL+KML+O3	0,7515	B	SL+KMZ+O1	0,4946	DE
ML+KMZ+O3	0,6777	BC	ML+KMZ+O1	0,4754	DE
ML+KML+O3	0,6331	C	ML+KML+O2	0,4569	DE
SL+KMZ+O2	0,6062	C	SL+KML+O1	0,4431	DE
SL+KML+O2	0,5077	D	ML+KML+O1	0,4092	E

LSD : 0,08488

En yüksek formaldehit emisyonu değeri (0,9515 ppm) SL+KMZ+O3’te; en düşük formaldehit emisyonu değeri(0,4092 ppm) ML+KML+O1’de elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 42’de verilmiştir.



Şekil 42. Tabakalı ağaç malzeme türü, işlem çeşidi ve ortam etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde; denemelerde elde edilen sonuçlar, konu ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar ile karşılaştırılarak öneriler sunulmuştur.

Masif malzemede ağaç türü bakımından sarıçam, Doğu kayınından daha yüksek formaldehit emisyonu yaymıştır. Bu durum sarıçam odunundaki ekstraktif madde miktarının farklılığından kaynaklanabilir. Doğal haldeki ağaç malzemenin yapısındaki odun dışı maddeler formaldehit emisyonu için kaynak oluşturabilmektedir. Nitekim yapılan bir çalışmada formaldehit emisyonuna ağaç cinsinin etkisi incelenmiş, sonuç olarak kavak kontrplak emisyonu kayın ve okume kontrplak emisyonlarından fazla çıkmıştır. Ayrıca tüm faktörler aynı kalmak şartıyla meşe ve çam yongalarıyla üretilen yonga levhaların kıyaslandığı bir çalışmada, formaldehit emisyonunun meşe ile üretilen yonga levhada çam ile üretilen yonga levhaya göre daha az çıktığı, Ladinden üretilen yonga levhalardaki formaldehit emisyonu, kayından yapılmış yonga levhalardaki formaldehit emisyonundan daha yüksek çıktığı ilgili çalışmada aktarılmıştır (Çolakoğlu, 1993).

Diğer bir çalışmada, ağaç türünün formaldehit emisyonunu etkilediği vurgulanmış; kayın, kavak, ladin, huş ağacı ve çam kontrtablalarda, en yüksek emisyon huş ağacında ($1,35 \text{ mg/m}^2\cdot\text{h}$), en düşük kavakta ($0,9 \text{ mg/m}^2\cdot\text{h}$) bulunmuştur. Ayrıca, ağaç türünün formaldehit emisyonunu istatistiksel olarak anlamlı etkilediği de ifade edilmiştir (Böhm vd. 2012).

Emprenye yapılmayan örneklerde formaldehit emisyonu ($0,3324 \text{ ppm}$); emprenye yapılan örneklerde formaldehit emisyonu ($0,2802 \text{ ppm}$) çıkmıştır. Emprenye işleminin formaldehit emisyonunu azalttığı söylenebilir. Yapılan bir çalışmada, boraks ile empenye edilmiş örneklerdeki formaldehit emisyonunun düştüğü ifade edilmiştir. Formaldehit emisyonu ile emprenye arasında anlamlı bir ilişki olduğu açıklanmıştır (Çolak, 2002).

Bir diğer çalışmada, 3 katmanlı kayın ve kavak kontrplak üretiminde, yapıştırıcı içine belli oranlarda (%0, %5, %10, %20) boraks pentahidrat ilavesi yapılmış, bu işlem formaldehit emisyonunu düşürmüştür (Şensögüt vd..2009)

Bir başka çalışmada, boraks içeren tutkal karışımı ile üretilen kontrplakların formaldehit emisyon değerleri kontrol grubundaki panellerin formaldehit emisyonundan daha düşük bulunmuştur. Katı ağırlık itibarıyla % 10 oranında boraks içeren yapıştırıcı ile üretilen kontrplaklarda, formaldehit emisyonunda en yüksek düşüş (% 23 oranında) görülmüştür (Çolakoğlu ve Demirkır, 2006).

Vernikleme yapılmış masif örneklerde (0,3262 ppm) formaldehit emisyonu, vernikleme yapılmamış örneklerle göre (0,2863 ppm) daha yüksek çıkmıştır. Ağaç malzemenin verniklenmesinin formaldehit emisyonunu artırdığı ifade edilebilir. Bu durum, selülozik verniğin, nitroselüloz ve sülfirik asitlerden; aseton, amil-asetat, butil-asetat, etil-asetat gibi eriticilerden; vernik reçinelerinden; tolüen ve benzin gibi incelticilerden ve plastikleştiriciler veya yumuşatıcılardan (fosforik ve fethalik asitler) meydana gelmesinden dolayı; verniğin yapısını oluşturan VOC emisyonu kaynağı maddelerin, yalın ağaç malzemenin formaldehit emisyonunun artmasına sebep olmuş olabileceği şeklinde açıklanabilir (Hammond, 1969). Bir başka çalışmada üst yüzey işlemlerin de formaldehit emisyonunu etkileyen faktörlerinden birisi olduğu ifade edilmiş; boyanmış kontratla deney örneklerindeki formaldehit emisyonu (0.048 mg/m^3), kaplanmamış(boyanmamış) deney örneklerinden (0.032 mg/m^3) daha yüksek bulunmuştur. Özellikle boyanmış deney örneklerinde iki haftadan sonra anlamlı şekilde emisyon düşüşü görüldüğü ifade edilmiştir (Bohm vd., 2012).

Ayrıca, bir çalışmada da MDF ve HDF'nin 200g/m^2 ölçüde yağ bazlı boya ile kaplanması işleminin formaldehit emisyonunu artırıcı etki yaptığı bildirilmiştir (Salem, 2012).

Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu değeri (0,3268 ppm) vernikli sarıçam örneklerinde ölçülmüştür. Bu durum sarıçamın yapısından kaynaklanan formaldehit emisyonuna ek olarak, selülozik verniğin de emisyon kaynağı olmasından ve diğer örneklerle göre toplamda yayılan emisyonun nicel fazlalığından kaynaklanmış olabilir.

Ağacın, formaldehit içeren organik bileşikler içerdiği ve yaydığının bilindiği, ağaç kaynaklı formaldehit emisyon miktarının, ağacın ve tabakalı ağaç malzemenin (yonga levha, lif levha vb.) işlenmesi sürecinde yükseldiği ifade edilmiştir. Bu artışın kurutma, presleme ve termo hidroliz gibi işlemlere ilişkilendirilebileceği açıklanmıştır. Formaldehitin çok yüksek ısı altında ahşaptan yayıldığı ve ahşap esaslı panellerin normal kullanım şartlarında yaydıkları emisyonda çok önemli bir kaynak olduğunun beklenmediği vurgulanmıştır. Formaldehitin normal çevre koşullarının altında ve üstünde de ısıtma olmasa da tespit edilebildiği açıklanmıştır. Ahşaptaki emisyon varlığı, yapıştırıcı reçinedeki ahşap polisakkaritlerin ısıl bozunmasıyla açıklanmıştır. Formaldehit emisyon seviyelerinin, ağaç türleri, nem içeriği, dış sıcaklık, ve depolama süresi gibi faktörlere bağlı olduğu gösterilmiştir (Salem ve Böhm, 2013).

Denemelerin yapıldığı üç çeşit ortamda en yüksek formaldehit salınımı 3. ortamda (0,3854 ppm), en düşük formaldehit emisyonu değeri (0,2578 ppm) ise 1. ortamda ortaya çıkmıştır. Sıcaklık artışıyla doğru orantılı olarak formaldehit emisyonu da artış göstermiştir. Nitekim, bir çalışmada iki farklı oda sıcaklığında (37°C ve 50°C) denemeler yapılmış, formaldehit emisyon kaynağı malzemelerin yüksek sıcaklıklarda (bu çalışma için 50°C) kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. Öte yandan farklı sıcaklıklarda formaldehit salınımı değişimini izleyen bir başka çalışmada, çalışma için belirlenen 3 farklı (23 °C, 29°C ve 50°C) sıcaklık arasında 29°C' den sonra emisyon oranında önemli artış olduğu tespit edilmiştir (Wiglusz vd., 2002).

Altıtan ısıtma ve hava dolaşımli sistemde zemin kaplamalarının TVOC ve formaldehit emisyonu davranışlarının incelendiği bir çalışmada da; döşeme yüzey sıcaklığı 20 °C, 26 °C ve 32°C'de ayarlanmış; zemin döşemesinden kaynaklı formaldehit emisyon oranının 32°C'de en yüksek olduğu, ve zaman içinde düştüğü; zeminden ısıtmalı sistemdeki numuneler, hava sirkülasyonlu örneklerden daha yüksek formaldehit emisyonu yaydıkları belirtilmiştir. Sıcaklık ve formaldehit ve VOC davranış arasında ilişki gözlenmiştir (Kim vd., 2010).

Bir başka çalışmada da sonuçlar, sıcaklık ve bağıl nemin boya ve vernikten gelen emisyonlar üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. Sıcaklık arttıkça boya ve vernikte TVOC emisyon oranlarının arttığı gösterilmiştir (Haghighat ve Bellis, 1998).

Ağaç türü ve ortam etkileşimine göre sarıçam 3. Ortamda en yüksek formaldehit emisyonunu (0,3948 ppm), sarıçam 1. Ortamda en düşük formaldehit emisyonunu (0,2562 ppm) yaymıştır. Doğu kayınından çıkan formaldehit emisyon değeri (0,3760 ppm) de 3. Ortamda yükselmiştir. Bu durum, ağacın endojik yapısından kaynaklı formaldehit emisyonunun da sıcaklığın katalizör görevi görmesi ile açıklanabilir.

Ağaç türü, emprenye işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu, 40°C sıcaklık ve %35 nemdeki deney ortamında (3. Ortam) emprenyesiz sarıçamda çıkmıştır. Emprenyeli sarıçam deney örneklerinin 1. Ortamdaki ölçümlerinde de en düşük formaldehit emisyonu (0,1854 ppm) bulunmuştur. Emprenyeli Doğu kayınında 3. ortamda formaldehit emisyonunun artması, Doğu kayınının yapısındaki kırmızı yüreğin odunun doğal özelliğini bozması ve emprenye edilme güçlüğü nedeniyle emprenye işleminin emisyonu azaltıcı özelliğinin Doğu kayınına etkisinin az olmasından kaynaklanabilir.

Vernikli örneklerin 3. Ortamdaki formaldehit emisyonu değeri en yüksek (0,3925 ppm), verniksiz örneklerin 1. Ortamdaki formaldehit emisyonu değeri en düşük (0.2288 ppm) çıkmıştır. Sıcaklığın artması emisyonu artırmış, vernikleme yapılması da emisyonu artırmıştır. Emisyonu artırıcı etki düzeyine göre sıcaklık artışının, vernikleme işleminden daha yüksek etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Emprenyesiz vernikli deney örnekleri 3. deney ortamında en yüksek formaldehit emisyonunu (0,3931 ppm) yaymıştır. En düşük formaldehit emisyon değeri (0.2069 ppm) ise empenyeli, verniksiz deney örneklerinde 1. deney ortamında ölçülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, emprenye işleminin emisyonu azalttığı, sıcaklık artışının emisyonu artırdığı ve vernikleme işleminin de emisyonu artırdığı bulgusunu desteklemektedir.

Ağaç malzeme türü, emprenye işlemi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyon değeri (0.4162 ppm) Ç+EZ+VZ+O3'de ölçülmüştür. En düşük formaldehit emisyon değeri (0.1731 ppm) Ç+EL+VZ+O1'de tespit edilmiştir. En yüksek formaldehit emisyonu değerleri 3. deney ortamında tespit edilmiştir. Bu durum sıcaklığın formaldehit emisyon yayılımını artırdığı sonucu ile paralellik taşımaktadır.

Masif levhada en yüksek formaldehit emisyonu üre formaldehit tutkalda 3. Ortamda (0,7465 ppm), en düşük formaldehit emisyonu değeri ise fenol formaldehit tutkalda 1. Ortamda (0,3538 ppm) elde edilmiştir. Bu durum nem ve sıcaklık değişimleriyle tutkalın yapısındaki bileşenlerin harekete geçmesiyle açıklanabilir. Nitekim bir çalışmada, üre formaldehit tutkallarda iki aşamadan oluşan üre ve formaldehit reaksiyonunda, 1. Aşama reaksiyonunun nem ve suyun sebep olduğu hidrolize karşı düşük direnç göstermesi formaldehit emisyonunun temel sebebi olarak ifade edilmiştir. Buna karşın fenol ile formaldehitin reaksiyonu ile yapışma sağlayan fenol formaldehit tutkallarda bağın daha güçlü olduğu açıklanmıştır (Çolak, 2002).

Verniksiz sarıçam levhalardan en yüksek formaldehit salınımı (0,5965 ppm); en düşük formaldehit emisyonu değeri (0,4388 ppm) ise vernikli Doğu kayını örneklerde ortaya çıkmıştır. Vernikleme yapılması ortama yayılan formaldehit salınımını azaltmıştır. Bu durum ağacın gözeneklerinin ve tutkal yüzeylerinin vernik maddesi ile kapatılarak, dış ortama formaldehit emisyonu çıkış kanallarının tıkanması ile açıklanabilir.

Tutkal çeşidine göre formaldehit emisyonu miktarı incelendiğinde, UF tutkallı örneklerdeki formaldehit emisyonunun (0,5560 ppm) fenol formaldehit tutkallı örneklerden (0,4681 ppm) yüksek olduğu görülmüştür. Nitekim, bir çalışmada da U/F oranı 1/1,74 olan tutkal ile üretilmiş kontrplaklarda en yüksek formaldehit emisyonu, en düşük formaldehit emisyonu ise fenol formaldehit ile üretilmiş kontrplaklarda tespit edilmiştir (Çolak, 2002)

Orta yoğunlukta lif levha panellerden (MDF) yayılan formaldehit emisyonu miktarının üre formaldehit reçinesine çeşitli mol oranlarında, propilamin, metilamin, etilamin, ve cyclopentyl-lamin çözeltisi eklenerek azaldığı saptanmıştır (Boran vd., 2011).

Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu Ç+UF+VZ+O3'te (0,8954 ppm); en düşük formaldehit emisyonu K+FF+VL+O1'de (0,3300 ppm) elde edilmiştir. Formaldehit emisyonu ile tutkal arasında paralellik bulunmaktadır. Nitekim, bir çalışmada da formaldehit emisyonun formaldehit bazlı reçinelerden kaynaklandığı ile açıklanmıştır (Kim vd., 2007).

Formaldehit emisyonunun üre formaldehit reçinelerin veya benzer aminoplastların yonga ve lif levha sanayiinde büyük miktarda kullanılmasıyla ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Daha hızlı sertleşme ve daha az presleme süresi ile maliyetlerin düşürülmesi amacı için formaldehitin tutkal yapısında üre ve diğer maddelere oranla tutkal yapısında daha fazla kullanılması, formaldehit emisyonunu artırdığı bildirilmiştir (Kurtoğlu ve Uçar, 1986b).

Tabakalı ağaç malzeme türüne göre en yüksek formaldehit emisyon değeri (0,8451 ppm), hiçbir işlem yapılmamış ham yonga levhada ölçülmüştür. En düşük formaldehit emisyonu değeri (0,3974 ppm) ise ham kayın kontrplakta ölçülmüştür.

Ham yonga levhadan açığa çıkan yüksek formaldehit emisyonuna, malzemenin kaplanmamış olması, tüm yüzeyde üretim sonrası kalan emisyon çıkış kanallarının fazlalığı sebep olmuş olabilir. Nitekim formaldehit bağlayıcı aktif maddeler içeren yüzey işleme sistemleri ile yonga levhaya işlem yapmanın emisyonu azalttığı bildirilmiş, bir araştırmada dekoratif vinil kaplama maddesi sürülerek dış yüzeydeki tüm gözeneklerin tıkanabileceği bu sayede formaldehit emisyonunun azaltılabileceği bildirilmiştir. Ayrıca kaplanmamış enine kesitlerden de emisyon yayılımının fazla olduğu bildirilmiştir (Kurtoğlu ve Uçar, 1986a).

Bir başka çalışmada da, dekoratif kaplamalar ile kaplama yapmanın panellerin yüzeylerindeki serbest formaldehiti ortadan kaldırmak için kullanılabileceği açıklanmıştır (Pirayesh vd., 2013).

Yonga levhadan yayılan emisyonu azaltmaya yönelik bir diğer çalışmada yonga levha (PB) üretiminde kül , % 1, 3, 5 ve 10 oranında üre formaldehit reçine yapısına tutucu olarak eklenmiştir. Formaldehit emisyonu desikatör ve 20 L test kabini metotları ile ölçülmüş olup; Kül miktarının artması fiziksel özellikleri anlamlı manada değiştirmemiş ancak emisyonu düşürmüştür. Puzolanın gözenekli formu ile kaba ve düzensiz yüzeye sahip olduğundan, formaldehit yakalama ve emici özellikli olup mekanik ve fiziksel özellikleri olumsuz etkilemeyecek şekilde PB içinde max. %10 seviyesinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Kim vd., 2007).

Çevre dostu MF/PVAc hibrit reçineler ile yapılmış zemin kaplama materyallerinin TVOC ve formaldehit emisyonu davranışları üzerine yapılan bir çalışmada, melamin formaldehit (MF) yerine Polivinil asetat(PVAc) (MF/PVAc oranı 100/0, 70/30, 50/50, 30/70 and 0/100.) eklenmiş, formaldehit emisyon seviyesi MF yerine PVAc eklenme oranının artmasıyla azalmıştır. Formaldehit emisyonu UF reçineli kayında 5.0 mg/l 'nin üzerinde (E2 seviyesi aşılmışken), MF%30-PVAc %70 oranlı örnekte 1.5 mg/l seviyesinin altında ölçülmüştür. Bu durum formaldehit emisyonun formaldehit bazlı reçinelerden kaynaklandığı ile açıklanmış; sadece PVAc ile üretilen örneklerde formaldehit emisyonu 0.25 mg/l ölçülmüştür (Kim, 2007).

MDF ürünlerinde de formaldehit emisyonu 2. sırada en yüksek çıkmıştır. Bir çalışmada MDF en fazla formaldehit yayan ürünler arasında gösterilmiştir. Yapılan deneylerde formaldehit ve uçucu organik bileşiklerin MDF'den yapılan büro mobilyalarından aylarca yayılabildiği belirlenmiştir (Boran ve Usta, 2010).

Kavak kontrplak değeri (0,5438 ppm) kayın kontrplak değerinden (0,3974 ppm) yüksek çıkmıştır. Bir çalışmada da kavak kontrplak emisyon ortalama değeri (66.24 mg/100 g), kayın kontrplak emisyon ortalama değerinden (48.28 mg/100 g) daha yüksek bulunmuştur (Şensöğüt vd., 2009).

Öte yandan kavak kontrplakta ölçülen formaldehit emisyon değerinin kayından yüksek olması, odundaki asetil gruplarının formaldehit emisyonu üzerinde etkili olması ve sıcak presleme esnasında odundan ayrılan asetil grup oranının artması emisyonu azaltıcı etki yapmaktadır. Yapılan bir çalışmada çam kontrplaklardan çıkan formaldehit emisyonu kayın kontrplaklara göre daha fazla bulunmuştur (Çolakoğlu vd., 1998)

Kontrplaklarda formaldehit emisyonunun nispeten yüksek olması, yüzeysel tutkallanmış bir malzeme olan kontrplakta, formaldehit çıkışının dışa açılan yüzeylerde olmasından ve genellikle kontrplak üretiminde kullanılan kaplamaların soyma metoduyla üretilmesinden dolayı yüzeylerin gevşek veya sık strüktürlü ve gözenekli olmasından kaynaklanabilir (Kurtoğlu ve Uçar, 1986b).

En yüksek formaldehit emisyon değeri O3'te (0,9182 ppm); en düşük formaldehit emisyonu değeri O1'de (0,4391 ppm) elde edilmiştir. Sıcaklık ve nem artışı malzemenin yapısında var olan ve tamamlanmış tepkime ile ağaç yapısıyla mikron ölçülerinde bağ kuran tutkalın tekrar harekete geçmesini sağlaması emisyon artışına neden olmuş olabilir. Ayrıca, üretilen levhaların kullanım sırasında rutubete maruz kalmaları sonucu özellikle, selülozun C6'daki OH grubuyla polimerleşen bağlanmalarda formaldehit bozunmaları söz konusu olmaktadır. Bu tür bir bozunma da formaldehit yayılımına neden olmaktadır. Mobilyalardan ortama formaldehit yayılımı, ortam sıcaklığı ve nemin artması ile artış göstermektedir (Aksakal vd., 2005).

3. Ortamı teşkil eden 40°C sıcaklık ve % 35 nemde en yüksek emisyon değeri tespit edilmiştir. Sıcaklık azalışı ile emisyon değerinde de azalma görülmüştür. Bu durum sıcaklıkla yapıdaki tutkalın ayrışma miktarı arasındaki doğru orantıdan kaynaklanmış olabilir. Nitekim, Kore'de alttan ısıtma sistemlerinin yaygınlığı ve bu ısıtma sisteminin zemin parkelerinden açığa çıkan VOC'a etkisi üzerine yapılan çalışmada, formaldehit emisyonu, desikatör, 20 L oda ve FLEC yöntemi ile ölçülmüş, Laminatın formaldehit emisyon oranı 32°C'de en yüksek desikatörde ölçülmüştür. Yerden ısıtmalı sistemdeki örnekler, hava sirkülasyon ile ısıtmalı sistemden daha çok emisyon yaymıştır. Bu durumun, zemin ile kaplamanın alt kısmındaki sıcaklık farkı nedeniyle oluşabildiği ifade edilmiştir (Kim, 2011).

Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu (1,424 ppm) YL+O3 etkileşiminde, en düşük formaldehit emisyonu (0,3146 ppm) KYK+O1 etkileşiminde elde edilmiştir.

Kenarları kaplanmamış deney örneklerinde formaldehit emisyonu (0,6181 ppm) daha yüksek çıkmıştır. Kenarları kaplanmış deney örneklerinde en düşük formaldehit emisyonu (0,5336 ppm) elde edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada kompozit malzemelerde emisyonu düşürmek için aşağıdaki öneriler getirilmiştir.

- 1- Daha düşük aminoplastik reçineli mol oranı
- 2- NH₂ (formaldehit tutucu) içeren maddelerin kullanımı

- 3- Levhaların üretimi esnasında formaldehit tutucu ve temizleyicilerin ilavesi
- 4- Levhaların üretim sonrası muamelesi
- 5- Levhaların kaplanması, boyanması, laminasyonu ile difüzyon bariyerleri uygulamaları.

Bu çalışmada da vurgulandığı üzere levhaların üretim sonrası kenarlarının kaplanması ve diğer işlemler formaldehit emisyonunu azaltıcı etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir (Athanassiadou, 2000).

En yüksek formaldehit emisyonu değeri (0, 8146 ppm), kenarları kaplanmamış örneklerin 3. Ortamdaki deneylerinde bulunmuştur. En düşük değer (0,4262 ppm) ise kenarları kaplanmış 1. Ortam deneylerde bulunmuştur.

Bir çalışmada, MDF'nin üç tip kaplanmamış lignoselülozik yüzey malzemeleri (meşe dekoratif kaplama, düşük basınçlı melamin emdirilmiş kağıt, yüksek basınçlı melamin emdirilmiş kağıt) ve dört çeşit kaplanmış yüzey malzemesi (kaplamalı kağıt, iki tip kaplama folyoları(önce ve sonra emdirilmiş) ve PVC) ile FLEC ve 20 L deney odası metoduna göre yapılmıştır. Kaplama yapılan örneklerde düşük emisyon ölçülmüştür (Kim vd., 2010b).

Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, masif ağaç malzemenin emprenye yapılarak ama vernik işleminde verniğin yapısal özellikleri de dikkate alınarak kullanılması önerilebilir. Masif levhanın kullanımında vernikleme işleminin yapılması ile laminasyon esnasında kullanılan tutkallın ortama yaydığı emisyonu levha bünyesine hapsedilebilir, böylece iç mekân formaldehit emisyonu yükseltilmemiş olabilir.

Tabakalı ağaç malzeme kullanımında yüzey ve kenar kaplamalarının yapılması, yüzeyde ve diğer kısımlarda birleştirme, aksesuar (kulp, cam kanalı, vida deliği vb.) ve yan ürünlerin mobilyaya montajının ardından gereksiz ve formaldehit emisyonu sızıntı kaynağı olabilecek tüm çıkışlar kapatılmalıdır.

Sıcaklığın çok olduğu bölge ve mekânlarda tabakalı ağaç malzeme kullanılacaksa, depolama süresi uzun olan, bir takım formaldehit tutucu ve azaltıcı işlemlerden geçirilmiş malzemelerin kullanılmasına dikkat edilmelidir. Mutfak dolapları, radyatör dolapları vb. gibi sıcaklığa maruz kalan mobilyalarda tabakalı ağaç kullanılmamasına azami dikkat edilmelidir. Evlerde biriken formaldehit emisyonunu azaltmak için havalandırma imkânları geliştirilmelidir.

6. KAYNAKLAR

1. Açıkel, İ. 2007.“Emprenye İşleminin Ağaç Malzemede Vida Tutma Direncine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 9-13.
2. Alloucha, A., Guglielmino, M., Bernhardt, P., Serra, C.A., Calvé, S., 2013. “Transportable, Fast And High Sensitive Near Real-Time Analyzers: Formaldehyde Detection”, Sensors and Actuators B 181, 551– 558.
3. Annelise L., Ewa, V., Anders W. 2007. “Formaldehyde Emission— Comparison Of Different Standard Methods”, 41(15), 3193–3202.
4. An, J-Y., Kim, S., Kim, H-J. 2011. “Formaldehyde And TVOC Emission Behavior Of Laminate Flooring By Structure Of Laminate Flooring And Heating Condition” Journal of Hazardous Materials 187, 44–51.
5. ASTM D 1005-95, 2001. “Standard Test Method For Measurement Of Dry Film Thickness Of Organic Coatings Using Micrometers”, American Society for Testing and Materials, USA.
6. ASTM D 1413-76, 1976 “Standard Test Method Of Testing Wood Preservatives By Laboratory Soilblock Cultures”, ASTM Standards, USA, 452-460..
7. Athanassiadou, E. 2000. “Formaldehyde Free Aminoplastic Bonded Composites”. In: Proceedings of the 5th International Conference on Environmental Pollution, 770
8. Aydın, İ, Çolakoğlu, G., Çolak, S., Demirkır, C. 2006. “Effects Of Moisture Content On Formaldehyde Emission And Mechanical Properties Of Plywood”, Building And Environment 41, 1311–1316.
9. Baumann, M.G.D., Lorenz, L. F., Batterman, S. A., Zhang, G.Z., 2000. “Aldehyde Emissions From Particleboard And Medium Density Fiberboard Products”, Forest Products Journal, 50 (9), 75-82.
10. Brown, S. 1999. “Chamber Assessment Of Formaldehyde And VOC Emissions From Wood-Based Panels”, US National Library Of Medicine National Institutes Of Health, 9(3), 209-215.

11. Boran, S., Usta, M., 2010. "Odun Esaslı Panellerde Açığa Çıkan Formaldehit Ve Formaldehit Sınırları Hakkında Bilgiler", V, 1968-1975.
12. Boran, S., Usta, M., ve Gümüşkaya, E. 2011. "Decreasing Formaldehyde Emission From Medium Density Fiberboard Panels Produced By Adding Different Amine Compounds To Urea Formaldehyde Resin". International Journal of Adhesion and Adhesives, 31(7), 674-678.
13. Böhm, M., Salem, M., Z.M., Srba, J., 2012. "Formaldehyde Emission Monitoring From A Variety Of Solid Wood, Plywood, Blockboard And Flooring Products Manufactured For Building And Furnishing Materials", Journal of Hazardous Materials 221, 68– 79.
14. Çolak, S. 2002. "Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Formaldehit Ve Asit Emisyonu İle Teknolojik Özelliklere Etkileri", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 139-145.
15. Çolakoğlu, G. 1993. "Kontrplak Üretim Şartlarının Formaldehit Emisyonu Ve Teknik Özelliklere Etkisi", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1-132.
16. Çolakoğlu, G., Çolak, S, Tüfekçi, M. 1998. "Einfluss der Dämpfung und Trocknung von Furnieren auf deren Acetylgruppengehalt und die Formaldehydabgabe von Sperrholz." Holz als Roh-und Werkstoff, 56(2), 121-123.
17. Çolakoğlu, G., Demirkır, C. 2006. "Characteristics Of Plywood Panels Produced With Urea Formaldehyde Resin (UF) Containing Borax" Holz als Roh- und Werkstoff 64, 250–251.
18. Gunschera, J., Mentese S., Salthammer, T., Andersen J.,R., 2013. "Impact Of Building Materials On Indoor Formaldehyde Levels: Effect Of Ceiling Tiles,Mineral Fiber Insulation And Gypsum Board", Building and Environment, 138-145.
19. Haghighat, F., Bellis, 1998. "Material Emission Rates : Literature Review, And The Impact Of Indoor Air Temperature And Relative Humidity" *Building and Environment*, 33(5), 261-277.

20. Hammond, J., J., Donnelly, E., T., Harrod, W., F., Rayner, N., A., Özden, F., Zorlu, İ., 1969. "Ağaççşleri Teknolojisi", *Ajans – Türk Matbaası*, Ankara, 77,80,84,89.
21. Hematabadi, H. , Behrooz R., Shakibi, A., Arabi M., 2012. "The Reduction Of Indoor Air Formaldehyde From Wood Based Composites Using Urea Treatment For Building Materials", *Construction and Building Materials*, 28(1), 743-746.
22. Hue, J. And Others, 2010 "Real-Time Detection Of Formaldehyde By A Fluorescence-Based Sensor", *Procedia Engineering* 5, 1009–1012.
23. Kim, S., Kim, H.J. 2005a. "Effect Of Addition Of Polyvinyl Acetate To Melamine Formaldehyde Resins On The Adhesion And Formaldehyde Emission İn Engineered Flooring." *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 25 (5), 456–461.
24. Kim, S., Kim, H. 2005b. "Comparision Of Formaldehyde Emission From Building Finishing Materials At Varius Temperatures İn Under Heating System", *Seoul National University*, 15 (5), 605-614.
25. Kim S. 2010a."Control Of Formaldehyde And TVOC Emission From Wood-Based Flooring Composites At Various Manufacturing Processes By Surface Finishing," *Journal of Hazardous Materials* 176, 14–19.
26. Kim, K. W., Kim, S., Kim, H. J., Park, J. C. 2010b. "Formaldehyde And TVOC Emission Behaviors According To Finishing Treatment With Surface Materials Using 20L Chamber And FLEC". *Journal of hazardous materials*, 177(1), 90-94.
27. Kim, S., Kim, J. A., An, J. Y., Kim, H. J., Kim, S. D., & Park, J. C. 2007. "TVOC And Formaldehyde Emission Behaviors From Flooring Materials Bonded With Environmental-Friendly MF/Pvac Hybrid Resins". *Indoor Air*, 17(5), 404-415.
28. Kim S., An, J.Y., Kim H., J., Seo, J. 2010. " Emission Behavior Of Formaldehyde And TVOC From Engineered Flooring İn Under Heating And Air Circulation Systems" *Building and Environment* 45, 1826 -1833.

29. Kim, S., Kim, H-J., 2005c. "Comparison Of Standard Methods And Gas Chromatography Method In Determination Of Formaldehyde Emission From MDF Bonded With Formaldehyde-Based Resins", *Bioresource Technology* 96, 1457–1464.
30. Kurtoğlu, A., Uçar, G., 1986a. "Orman Ürünleri Sanayiinde Formaldehit Ayrışması ve Çevre Sağlığına Etkileri." İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
31. Kurtoğlu, A., Uçar, G., 1986b. "Türkiye’de Üretilen Yonga Levhalardan Formaldehit Ayrışması (Formaldehydabgabepotentialen Der In Der Turkei Hergestellten Spanplatten).", İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi.
32. Moubarik A. And Others, 2013."Evaluation Of Mechanical And Physical Properties Of Industrial Particleboard Bonded With A Corn Flour–Urea Formaldehyde Adhesive", *Composites: Part B* 44, 48–51.
33. Nemli, G., 1995. "Melamin Emdirilmiş Kağıtlarla Kaplamanın Yongalevha Teknik Özelliklerine Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1-68.
34. Örs, Y., Keskin, H., 2008. "Ağaç Malzeme Teknolojisi", Ders Kitabı, Gazi Üniversitesi Yayın No : 2000/352, Gazi Yayıncılık, Ankara.
35. Özdemir, T., 2003. "Türkiye’de Yetişen Bazı Ağaç Türlerinde Verniklerin Özelliklerinin Araştırılması" Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 120-124.
36. Per, H. 2001. "Effect Of Diffusion Barriers On Formaldehyde Emissions From Particleboard", *ACS Publications*, 16, 202–208.
37. Pirayesh, H., Khanjanzadeh, H., Salari, A. 2013. "Effect Of Using Walnut/Almond Shells On The Physical, Mechanical Properties And Formaldehyde Emission Of Particleboard", *Composites: Part B* 45, 858–863.
38. Roffael, E., 2006. "Volatile Organic Compounds And Formaldehyde In Nature, Wood And Wood Based Panels", *European Journal of Wood and Wood Products* 64(2), 144-149.
39. Que, Z., Furuno, T., Katoh, S., Nishino, Y., 2007. "Evalution Of Three Test Methods In Determination Of Formaldehyde Emission From Particleboar

Bonded With Different Mole Ratio In The Urea-formaldehyde Resin”, Shimane University, Matsue, 42 (3), 1242–1249.

40. Que, Z. L., Wang, F.B., Ma, L. F., Furuno, T., 2013a. “Effect Of Loading Ratio, Conditioning Time And Air Exchange Rate On The Formaldehyde Emission From Wood-Based Board Using Large Chamber And Desiccator Method”. *Composites: Part B* 47, 278–282.
41. Que, Z. L., Wang, F. B., Li, J.Z., Furuno T., 2013b. “Assessment On Emission Of Volatile Organic Compounds And Formaldehyde From Building Materials”, *Composites: Part B* 49, 36–42.
42. Salem, M. Z. M., & Böhm, M. 2013. “Understanding of Formaldehyde Emissions from Solid Wood: An Overview”. *BioResources*, 8(3), 4775-4790.
43. Salem, M., Z.M., Böhm, M., Srba, J., Beránková, J., 2012. “Evaluation Of Formaldehyde Emission From Different Types Of Wood-Based Panels And Flooring Materials Using Different Standard Test Methods”, *Building and Environment* 49, 86-96.
44. Sumin Kim, Jae-Yoon An, Jin-A Kim, Hee-Soo Kim, Hyun-Joong Kim, Hak-Gyeom Kim, 2007 “Physico-Mechanical Properties And Formaldehyde/TVOC Emission Of Particleboards With Volcanic Pozzolan” *Mokchae Konghak* 35(2), 39-50.
45. Şanivar, N., ve Zorlu, İ., 1999. “Önemli Ağaç Türleri”, Ağaç İşleri Gereç Bilgisi, Milli Eğitim Basımevi, Ankara, 72.
46. Şensöğüt, C., Ozalp, M., Yesil H. 2009. “The Effect Of Borax Pentahydrate Addition To Urea Formaldehyde On The Mechanical Characteristics And Free Formaldehyde Content Of Plywood”. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 29, 589–592.
47. Taygun, T., G., Balanlı, A. 2005. “Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünü-Çevre Etkileşimi”, *YTÜ Mimarlık Fakültesi e- Dergisi*, 1(1), 40-50.
48. TS 344, 1981. “Ahsap Koruma Genel Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 10.
49. TS 345, 1974. “Ahsap Emprenye Maddeleri Etkilerinin Muayene Metotları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 13.

50. TS 2470, 1976. "Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler için Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-7.
51. TS 2472, 1976. "Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Hacim Yoğunluk Değerinin Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 12.
52. TS 6035 EN ISO 3251, 2005. "Boyalar Ve Vernikler, Boya, Vernik Ve Bağlayıcılarda Uçucu Olmayan Madde Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-11.
53. TS 5724, 1988. "Ahşap Koruma – Suda Çözünen Emprenye Maddelerinde Ve Emprenye Edilmiş Ahşapta Bor, Bakır, Krom Ve Arsenik Miktarı Tayini - Volumetrik Metot", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
54. Wiglusz, R., Sitko, E., Nikel, G., Jarnuszkiewicz, I. Igielska, B., 2002. "The Effect Of Temperature On The Emission Of Formaldehyde And Volatile Organic Compounds (VOC) From Laminate Flooring-Case Study", Building and Environment, 37, 41-44.
55. William,J.,G. 1986. "Formaldehyde Emissions: Hardwood Plywood And Certain Wood-Based Panel Products, American Chemical Society, ABD, 2, 17–25.
56. Yu, C. W. F., Crump, D. R. 1999. "Review: Testing for formaldehyde emission from wood-based products-a review." Indoor and Built Environment, 8(5), 280-286.
57. Zhu, H. O., Lu, Z. G., Li, X., Zhang, J., Yuan, M. 2009. "Analysis on Test Methods for Determining Formaldehyde Emission from Wood-based Products [J]". China Wood Industry, 5, 012.