

**T.C.**  
**MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İÇ MEKAN DONATISINDA KULLANILAN**  
**AHŞAP ESASLI LİF LEVHALARIN**  
**FORMALDEHİT SALINIM DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ VE**  
**İÇ MEKAN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Handan ENGİNKALP**

**İç Mimarlık Anabilim Dalı**

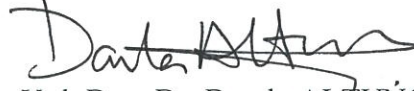
**İç Mimarlık Yüksek Lisans Programı**

**Tez Danışmanları: Yrd. Doç.Dr. Damla ALTUNCU**

**Yrd. Doç.Dr. Mustafa Adil KASAPSEÇKİN**

**ARALIK 2016**

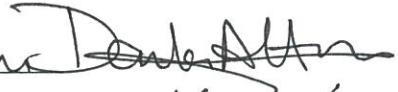

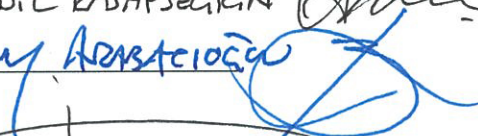

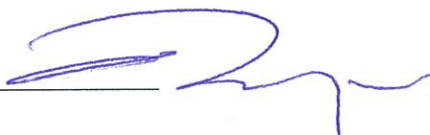

Handan ENGİNKALP tarafından hazırlanan İÇ MEKAN DONATISINDA KULLANILAN AHŞAP ESASLI LİF LEVHALARIN FORMALDEHİT SALINIM DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ VE İÇ MEKAN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Yrd. Doc. Dr. Damla ALTUNÇU

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından İç Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : YRD. DOÇ. DR. DAMLA ALTUNÇU   
Eş Danışman : YRD. DOÇ. DR. MUSTAFA ADİL KASAPSEKİN   
Üye : PROF. DR. BULGIN CEY ANABAYIOĞLU   
Y. Üye : PROF. DR. İPEK FİTÖZ   
Üye : YRD. DOÇ. DR. TURGAY   
Üye : YRD. DOÇ. BAHER KAYA 

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

## ÖNSÖZ

Bana her zaman yol gösteren, cesaret veren danışman hocalarım Sayın Yrd.Doç.Dr. Damla ALTUNCU'ya ve Yrd.Doç.Dr. M.Adil KASAPSEÇKİN'e bana verdikleri değerli bilgi ve destekleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. İlgilerini ve desteklerini esirgemeyen Sayın Prof.Dr. İpek Fitöz'e ve Sayın Yrd. Doç.Dr. Saadet AYTIS'a, Sayın Prof.Dr. Demet BİNAN'a ve İç Mimarlık Bölümündeki hocalarıma ayrı ayrı teşekkür ederim. Tez hazırlık sürecinde bana destek olan, Esra BAYIR, Tuğba BERATOĞLU, oğlum Eren ENGİNKALP'e, her zaman yanımda olan eşime, anneme, kardeşime ve babama teşekkürlerimi sunarım.

**Bu çalışma MSGSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.**

**Proje No: 2016-39**

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b>	<b>II</b>
<b>ÖZET</b>	<b>IV</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>VI</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b>	<b>VIII</b>
<b>KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ</b>	<b>IX</b>
<b>1.GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.2. Araştırma Yöntemi	7
1.3. Literatür Taraması	8
<b>2. İÇ MEKANDA KALİTE KAVRAMI VE KONFOR KOŞULLARI</b>	<b>25</b>
2.1. Kalite Kavramı	26
2.1.1. İç Mekanda Kalite Kavramı	27
2.2. Konfor Kavramı	29
2.2.1. İç Mekanda Fiziksel Çevre Konfor Koşulları	30
2.2.1.1. Termal Konfor	30
2.2.1.2. Görsel Konfor	34
2.2.1.3. Akustik Konfor	35
2.2.1.4. İç Hava Kalitesi	36
<b>3. İÇ MEKANDA HAVA KALİTESİ</b>	<b>38</b>
3.1. İç Ortam Hava Kalitesini Etkileyen Unsurlar	40
3.1.1. Hava Sıcaklığı Ve Bağıl Nem	42
3.1.2. Dış Ortam Kaynaklı Kirleticiler	43
3.1.3. İç ortam Hava kirleticileri	44
3.1.3.1. Partikül Madde	48
3.1.3.2. Karbondioksit CO2 Miktarı	49
3.1.3.3. Uçucu Organik Bileşikler (UOB-VOCs)	50
3.1.3.4. Formaldehit	56
3.2. Hava Kirleticilerinin İnsan Sağlığına Etkileri	60
3.2.1. Hasta Bina Sendromu	68
3.2.2. İç Mekan Hava Kalitesini Belirleyen Standartlar	73
3.2.3. Formaldehit Emisyonu ve Kabul Edilen Standartlar	82
3.2.3.1. Avrupa Birliği Standartları	83
3.2.3.2. Japon Standartları	83
3.2.3.3. ISO Standardı	84
3.2.3.4. Türk Standartı	85
<b>4. İÇ MEKAN DONATISINDA KULLANILAN AHŞAP ESASLI LEVHALAR VE AHŞAP ESASLI LİF LEVHALARIN İÇ HAVA KALİTESİNE ETKİLERİ</b>	<b>91</b>

4.1. Ahşap Esaslı Levhalar	92
4.1.1. Tanımı	92
4.1.2. Sınıflandırılması	93
4.1.2.1. Kaplamalar(Masif Ahşap, Kontraplak)	93
4.1.2.2. Aglomeralar (Ahşap Esaslı Lif Levha)	97
4.1.3. Ahşap Esaslı Levhalarda Kullanılan Formaldehit Bazlı Yapıştırıcılar	110
4.2 Ahşap Esaslı Levhaların İç Hava Kalitesine Etkileri ve Alınacak Önlemler	113
4.3. Emisyonların Tayini Ve Kullanılan Test Yöntemleri	115
4.3.1. UOB Emisyonlarının Tespitinde Kullanılan Standart Deney Metodları	116
4.3.1.1. ISO Standart Deney Metodu	116
4.3.1.2. ASTM Standart Deney Metodu	117
4.3.2. Formaldehit Emisyonlarının Tespitinde Kullanılan Standart Deney Metotları	118
4.3.2.1. Avrupa Birliği Standart Deney Metodu	119
4.3.2.2. Japon Standartı Deney Metodu	119
4.3.2.3. ISO Standartı Deney Metodu	120
4.4. Türkiye’de Üretimi Olan Firmaların MDF Formaldehit Salınım Düzeyleri	121
<b>5. SONUÇLAR</b>	<b>124</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>130</b>

**İÇ MEKAN DONATISINDA KULLANILAN  
AHŞAP ESASLI LİF LEVHALARIN  
FORMALDEHİT SALINIM DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ VE  
İÇ MEKAN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Handan ENGİNKALP**

**MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Aralık 2016**

**ÖZET**

Sağlıklı bir ortamda yaşama, barınma ve çalışma, her insanın hakkıdır. Sağlıklı ortamda bulunma hakkı, endüstrileşmeyle orantılı olarak iç çevre kirliliğinin de artmasıyla bir sorun haline gelmiş, tasarlanmış sağlıklı iç mekanlara olan ihtiyaç fazlaşmıştır. Endüstrileşmeyle birlikte, kullanıcılar daha uzun süre iç mekanlarda vakit geçirmeye başlamışlar; bu durum sonucunda, iç mekanda oluşan çevre kirliliği konusu dikkat çeken bir sorun haline gelmiştir.

Bir yapının başarı kriterleri; sadece estetik, düzen ve konfor ve iç mekan donatısından ibaret değildir. Bu yapının içinde yaşayacak ve çalışacak insanların, fiziki, sosyal ve psikolojik yönden kendilerini rahat, iyi ve huzurlu hissedebilecekleri, sağlıklı, hijyenik ve termal konforu sağlayacak bir iç hava ortamında bulunabilmeleridir. Dolayısıyla iç ortam havasının özellikleriyle bir yapının başarısının değerlendirilmesi arasında uyumluluk olması gereklidir.

Sürekli nefes alınıp verilen iç ortamda insan sağlığı açısından çok önemli olan iç ortam hava kalitesini sağlamak için modern toplumlarda birçok yasa, yönetmelik ve standartlar oluşturulmuştur. Bu yasa, yönetmelik ve standartlar, pek çok ülkede ciddi bir şekilde uygulanmakta ve yetkilendirilmiş kurumlar tarafından kontrol edilmektedirler.

21. yüzyılda iç ortam kirleticilerine olan maruziyetin önemli bir hastalık ve ölüm nedeni olduğu konusundaki kanıtlar da gittikçe artmaktadır. Bir binada yaşarken, iç ortam hava kalitesi bozulması sonucunda tespit edilen, hastalık belirtilerinin ortaya çıkması ve bu belirtilerin o binadan uzaklaşınca kaybolması, ‘Hasta Bina Sendromu’ (HBS) olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle iç ortamlarda bulunan; mobilya, halı, duvar kağıdı gibi iç mekan donatısında kullanılan malzemeler ile duvar boyası ve izolasyon malzemeleri gibi inşaat malzemelerinin içerdikleri iç ortam hava

kirleticilerinin emisyon salma potansiyelleri, kullanıcı hakları ve sağlığının korunması açısından belirlenmeli ve denetlenmelidir.

İç mekanda kullandığımız birçok malzeme çeşitli kimyasallar kullanılarak imal edilmekte veya katkı malzemeleriyle birleştirilmiş çeşitli kimyasallar ile işlenmektedir. Tasarımcı, uygulayıcı ve kullanıcılar, çoğu zaman satın aldıkları ürünlerin etiketleriyle ürünün bileşimi, kaynağı ve olası sağlık etkileri konusunda bilgilendirilmektedirler. Ancak kullandıkları ürünlerin insan sağlığı üzerindeki uzun vadeli etkilerinden habersizdirler.

Tüm doğal ve yapay malzemeler buldukları ortamın hava kalitesini olumsuz etkilerler. Bu olumsuz etkinin nedenlerinden biri de formaldehittir. 21.yüzyılda ahşap esaslı panel levha ve mobilya yapımında en fazla kullanılan yapıştırıcı olan formaldehit tutkalı, kapalı ortamlarda en sık saptanan kirleticilerindendir. Genel olarak ev, ofislerde mobilya ve dekorasyon işlerinde sıkça kullanılan, formaldehit esaslı tutkalarla üretilmiş yonga levha, lif levha ve kontrplaklardan formaldehit salınımı olmaktadır.

Bu çalışmada, iç ortam kirleticilerinin türleri ve kaynakları, hasta bina sendromu (HBS), uçucu birleşikler, ahşap esaslı levhaların özellikleri ve kullanım yerleri, formaldehit deneyleri ve standartlarına da yer verilmiştir. Çalışmada, Formaldehitin sağlık etkileri, havadaki formaldehit miktarının tespiti için kullanılan standart metotlar ve bu metotlarla belirlenmiş ahşap esaslı lif levhaların formaldehit salınım miktarları açıklanmıştır.

Referans alınan standartlar, Amerikan Isıtma Soğutma ve Klima Mühendisler Birliğinin (ASHRAE) ve Alman Mühendisler Birliği (VDI) ve Alman DIN Standartları olarak belirlenmiştir.

Ahşap esaslı lif levhalarda formaldehit salınımlarının incelenmesi veri toplama kolaylığı açısından tercih edilmiştir. Yonga Levha ve Kontrplak ise kapsam dışı bırakılmıştır. Türkiye piyasasında üretilen ahşap esaslı levhalardan alınan numuneler, zararlı uçucu bileşiklerden formaldehit miktarı açısından karşılaştırılmıştır. Firma beyanları esas alınarak numuneler sınıflandırılmıştır.

**Bilim Kodu** :

**Anahtar Kelimeler** :Ahşap Esaslı Levha, Formaldehit, Formaldehitin Sağlık Etkileri, İç Ortam Hava Kalitesi, Orta Yoğunluklu Lif Levha (Mdf), İç Mekân Donatısı

**Sayfa Adedi** : 147

**Tez Yöneticileri** : Yrd. Doç.Dr. Damla ALTUNCU,

Yrd.Doç.Dr. M.Adil KASAPSEÇKİN

**EXAMINATION OF FORMALDEHYDE EMISSION LEVELS OF WOOD-  
BASED FIBERBOARD USED IN INTERIOR REINFORCEMENT AND  
INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF INDOOR AIR QUALITY**

**(M.Sc. Thesis)**

**Handan ENGİNKALP**

**MIMAR SINAN FINE ARTS UNIVERSITY**

**INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**DECEMBER 2016**

**SUMMARY**

It is a right of every human being to live, shelter and work at a sanatory place. The right for being at a healthy location has become a huge problem in the 20<sup>th</sup> Century due to the interior pollution, which is proportional to the industrialization, which is making sterilized interiors unquestioningly needed. People tend to spend more time indoors with the industrialization, on behalf of that interior dirtiness has grown into a remarkable issue.

The criterions which bring a construction success do not only consist of aesthetics, order and comfort and interior reinforcement. In order to count a building as successful, that building should make the people who are living and working in it physically, socially and psychologically comfortable, last but not least successful constructions should assure an inside air that is providing healthy, hygienic and thermal comfort to the people. Thereby, indoor air quality should not be ignored when evaluating a constructions success.

Many laws have been made in order to set standards to the interior air which is utterly important to human health. These mentioned laws are executed and inspected by authorized institutions in many countries.

The evidences of interior polluters being a major sickness and death reason in the 21<sup>st</sup> Century are increasing with each passing day. The disappearance of the symptoms, which are retained in the wake of interior air pollution when walking out of a building, is called "Sick Building Syndrome" (SBS). For this reason the emission potentials of indoor decoration accessories such as furniture, rugs and wallpapers and the construction equipments such as wall paints and isolation



materials should on behalf of users rights and-most importantly-health be set and inspected.

Many materials that are utilized indoors are manufactured using numerous chemicals. Often designers, operators and users are informed about the compound, source and the potential effects of the bought product on their health with the tag of that particular product. In the contrary, people are unaware of the effects on their health in the long term.

All the organic and artificial materials influence their surrounding air in a negative way. One of the major reasons of this negative effect is the Formaldehyde emission. The Formaldehyde glue, the most used glue in the manufacturing of wooden panel laths and furniture, is the most detected interior polluter. Generally the most Formaldehyde releasing objects in households and offices are Formaldehyde based flake boards, fiberboards and ply boards.

The different types and sources of different interior contaminants, the Sick Building Syndrome (SBS), volatile compounds, the features and the place of uses of wood-based panels, experiments with Formaldehyde and standards of Formaldehyde are mentioned in this study. The Formaldehyde's health effects, the standard methods that are used when retaining the Formaldehyde quantity in air, likewise the Formaldehyde releasing rates of fiberboards, that are determined with these aforesaid methods are clarified in this particular study.

The standards in this study are based on American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), German Engineers Society (VDI) and German DIN.

The research of wood based fiberboards's Formaldehyde emission is intentionally picked because of the convenience within the gathering of information. Flake boards and plywoods boards are on the other hand left out. The samples picked from Medium Density Fiberboards (MDF) that are being produced in Turkish market are compared with regards to Formaldehyde level. The above mentioned samples are classified grounded on the declaration of companies.

**Science Code** :

**Key Words** : Wood-Based Panels, Formaldehyde, Formaldehyde' Health Effects, Indoor Air Quality, Medium Density Fiberboard (MDF), Interior Reinforcement

**Page Number** : 147

**Supervisor** : Asst. Prof. Damla ALTUNCU, Asst. Prof.M.Adil KASAPSEÇKİN

## ÇİZELGE LİSTESİ

- Çizelge 1.1.** Yıllara Göre Literatür Sayısı Dağılımı
- Çizelge 1.2.** Yayın Başlığına Göre Litaratür Sayısı Dağılımı
- Çizelge1.3.** Konuya Göre Literatür Sayısı Dağılımı
- Çizelge 3.1.** İç Ortam Hava Kirleticileri ve Emisyon Kaynakları
- Çizelge 3.2.** İç Ortamlarda Bulunan Bazı Kirleticilerin Kaynakları, Mümkün Olan Konsantrasyonları ve İç/Dış Konsantrasyon Oranları
- Çizelge 3.3.** Bazı Organik Bileşiklerin Kaynama Noktaları ve Buhar Basınçları (ATSDR, 1997)
- Çizelge 3.4.** İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşiklerin Kaynakları
- Çizelge 3.5.** İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşiklerin Ortalama Konsantrasyonları (IEH, 1996; ACGIH 1994)
- Çizelge 3.6.** Türkiye’de Gerçekleştirilmiş Farklı Türdeki İç Ortamlarda Ölçülen UOB Düzeyleri
- Çizelge 3.7.** ABD’ De Temiz Hava Kalitesi ve Kirleticilerin Fizyolojik Etkileri
- Çizelge 3.8.** Bazı Uçucu Organik Bileşikleri için Toksikite Değerleri
- Çizelge 3.9.** Formaldehit Maruziyetinin Akut Sağlık Etkileri
- Çizelge 3.10.** Formaldehite Temas Şekli Yapılması Gerekenler
- Çizelge 3.11.** IAQ’a İsnat Ettirilen Muhtemel Semptom ve İnsan Sağlığı Bozulmaları
- Çizelge 3.12.** İç Hava Kirlilik Değerleri
- Çizelge 3.13.** ASHRAE Standard 62.1-2010 Standardına Göre İç Hava Kalitesi
- Çizelge 3.14.** İç Hava Kalitesi İle İlgili Standartlarda Önerilen Sınır Değerler
- Çizelge 3.15.** İç Ortam İçin Tespit Edilmiş Önemli Standartların Karşılaştırılması
- Çizelge 3.16.** Uluslararası ve Türkiye’de Hava Kalitesi Konsunda Yayınlanmış Olan Standart
- Çizelge 4.1.** Ahşap Paneller, İmalatı, Ana Kullanımı ve Formaldehit Salınımı
- Çizelge4.2.** Türkiye’deki MDF Üretimi Yapan Firmalarının Beyan Ettikleri Formaldehit Ürün Standartları
- Çizelge 5.1.** Avrupa, Avustralya, Amerika ve Japonya’daki Ahşap Esaslı Paneller İçin Formaldehit Emisyon Standartları

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

- ACGIH:** American Conference of Governmental Industrial Hygienists  
**ACH:** Her Saat Hava Değişimi  
**ACGIH:** Governmental Sanayi Hijyenistleri Amerikan Konferansı (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).  
**ASHRAE:** Amerikan Isıtma Soğutma ve Klima Mühendisler Birliği (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)  
**ATSDR:** Toksik maddeler ve kayıt defteri ajansı (Agency for Toxic Substances and Registry)  
**CH<sub>2</sub>O:** Formaldehit  
**CO** : Karbon monoksit  
**CO<sub>2</sub>** : Karbon dioksit  
**EPA /NAAQS:** Environmental Protection Agency/ National ambient air quality standarts  
**HBS** : Hasta Bina Sendromu  
**HKDY** : Hava Kalitesi Denetleme Yönetmeliği  
**HKI:** Hava Kalitesi İndeksi  
**HKKY** : Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği  
**IAQ:** İç hava kalitesi  
**IARC:** Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı  
**IEH:** Çevre ve Sağlık Enstitüsü (Institute for Environment and Health)  
**IKHKKY:** Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği  
**KVS:** Kısa Vadeli Sınır Değer  
**MAK:** German Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen  
**MDF:** Orta Yoğunlukta Lif Levha anlamına gelen İngilizce "Medium Density Fiberboard"  
**MDI:** metilen difenil diisocyanate  
**NIOSH:** National Institute of Occupational Safety And Health  
**NO<sub>2</sub>** : Azot dioksit  
**NO<sub>x</sub>** : Azot oksit  
**O<sub>3</sub>** : Ozon  
**OSHA:** Occupational Safety and Health Administration  
**Pb** : Kurşun  
**PM:** Partikül madde  
**PM<sub>10</sub>** : Çapı 10 mikron ve altında olan partikül maddeler  
**PMV:** Tahmini Ortalama Oy  
**PPD:** Doyumsuzluk Yüzdesi indeksi  
**SF:** Soya unu  
**SKHKKY:** Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

**SO<sub>2</sub>** : Kükürt dioksit  
**SPI:** soya proteini izole  
**TSE EN :** Türk Standartları Enstitüsü – European Norms  
**UF :**Üre-formaldehit tutkalı  
**UOB:** Uçucu Organik Bileşikler( İngilizce: VOCs )  
**USEPA EPA :** Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı  
**UVS:** Uzun Vadeli Sınır Değer  
**WHO :** Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)



## 1.GİRİŞ

Bir iç mekan kendisini oluşturan yapı öğelerinin bütününe kapsadığı gibi, fiziksel çevre faktörlerini de barındırır. Fiziksel çevre faktörleri arasında; aydınlatma, ortam sıcaklığı, titreşim durumu, akustik özellikler ve iç ortam hava kalitesi bulunur.

İnsanların vakitlerinin büyük bir kısmını geçirdikleri konut, yurt, okul, iş yeri, ticari ve idari ofis binaları, devlet kurumu yapıları gibi endüstri harici tüm binaların iç ortam hava kalitesi, iç ortam havasında bulunan kirleticilerin sağlığa olan etkileri ve bu durumun iç mekanda bulunan her canlıyı ilgilendirmesi nedeniyle çevre faktörleri arasında dikkati çekmektedir. Bu konudaki hedef, öncelikle iç hava kalitesinin sağlanması, daha sonra elde edilen iç hava kalitesinin artırılmasıdır.

Temiz hava insan hayatı için vazgeçilmez bir kaynaktır. Özellikle büyük şehirlerde yaşayan insanlar vakitlerinin önemli bir bölümünü kapalı iç ortamlarda geçirmektedirler. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) farklı dönemlerde yayınladığı raporlarda, günümüz insanların zamanının %90'ını kapalı mekanlarda, bu oranın %70'ini iş, geri kalanın %20'sini ise ev ortamlarında geçirdiğini belirtmektedir.<sup>1</sup> Yapılan çalışmalarda ABD'de yaşayan insanların zamanlarının % 89'unu, gelişmekte olan ülkelerde yaşayan insanların ise zamanlarının % 79'unu kapalı ortamlarda geçirdiği tespit edilmiştir.<sup>2</sup> Dünya Sağlık Örgütü (WHO) pek çok risk faktörünün global hastalık yüküne olan olumsuzluklarını incelemiş ve iç ortam kirliliğinin küresel hastalık yükünün %2,7'sinden sorumlu, sekizinci neden olduğunu ortaya koymuştur. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) hava kirliliğinin 2012 yılında yaklaşık 7 milyon erken bebek ölümlerine sebep olduğunu bildirmiştir. Aynı raporda bunun 4,3

---

<sup>1</sup> World Health Organization (WHO), Indoor air quality research Euro-reports and studies no.103,1984.

<sup>2</sup> Jacobson, M.Z., Atmospheric Pollution, History, Science and Regulation, Cambridge University Press, 2002.

milyonunun iç ortam hava kirliliğinden kaynaklandığı belirtilmektedir.<sup>3</sup> Bu bakımdan İç ortam hava kirliliği önemli bir hastalık ve ölüm nedenidir.

1950’li yıllardan itibaren hava kirliliği problemleri ön plana çıkmış; 1970’li yıllarda yaşanan enerji krizi sonrası enerji tasarrufu nedeni ile bina havalandırma ve klima sistemlerinin yarı kapasite ile çalıştırılması, ısı yalıtımı amacıyla binaların havayı geçirmez özellikte tasarlanması, iç ortam havasına bağlı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını kolaylaştırmıştır. Özellikle kış aylarında, pencereler açılmadığından binalar yeterince havalandırılmamakta ve iç ortamdaki kirletici konsantrasyonları sağlık için tehdit oluşturabilecek seviyelere ulaşmaktadır.<sup>4</sup>

Bir binada yaşarken, iç ortam hava kalitesi bozulması sonucunda tespit edilen, baş ağrısı, gözlerde yaşarma, yanma, burun akıntısı, boğazda tahriş, acı, kuruluk, öksürme, haşıрма, kaygı (gerginlik, tedirginlik hissi, kolay sinirlenme, kalp çarpıntısı, can sıkıntısı) gibi belirtilerin ortaya çıkması ve bu belirtilerin o binadan uzaklaşınca kaybolması, ‘Hasta Bina Sendromu’ (HBS) olarak adlandırılır.<sup>5</sup> Ülkemizde, özellikle kış aylarında iç mekanlar yeterince taze hava ile havalandırılmamaktadır. Ayrıca partikülleri arınmış, nemlendirilmiş, kullanıcısı ve yapılacak fonksiyona göre temiz olmaması hasta bina sendromu ile ilişkili şikayetlerin artmasına neden olmaktadır.

İnşaat, tekstil, mimari ve iç mimari teknolojilerdeki gelişmeler ile çeşitli sentetik malzemelerin kullanımı binaları daha estetik, konforlu ve yalıtımlı hale getirirken diğer yandan kullanılan yapay malzemeler iç ortam hava kalitesini bozmaktadır. 1990’lı yıllarda prefabrike konut yapımının ve sentetik yapı malzemesi kullanımının artması, iç ortamlarda faks makinesi, bilgisayarlar gibi elektronik cihazların

---

<sup>3</sup> A. Luengas \_ A. Barona \_ G. Gallastegui \_ A. Elias Department of Chemical and Environmental Engineering Faculty of Engineering, University of the Basque Country(UPV/EHU), Alda Urquijo s/n, 48013 Bilbao, Spain A Review Of Indoor Air Treatment Technologies Rev Environ Sci Biotechnol DOI 10.1007/s11157-015-9363-9, Feb.2015

<sup>4</sup> Jones, A.P., Indoor air quality and health, Atmospheric Environment, 33, 4535-4564, 1999.

<sup>5</sup> Thörn A. Case study of a sick bulding. European Journal of Public Health. 2000; 10; 133–137.

yaygınlaşması sonucunda ortaya çıkan iç ortam sorunları, iç ortam hava kalitesi durumunu daha önemli hale getirmiştir. <sup>6</sup>

İç mekan donatısında sıklıkla tercih edilen ahşap esaslı lif levhalar, iç ortam hava kalitesini formaldehit salarak bozarlar. İç mekanlarda havanın kirlenmesine neden olan bu malzemelerinin insan sağlığına zarar verme düzeyleri, çeşitli standartlarla belirlenmiştir. Ancak ahşap esaslı lif levhaların Formaldehit salınım değeri ortam sıcaklığı ve neminin artması ile de artış gösterebilir. Formaldehit seviyesi kapalı ortamlarda normal şartlar altında 0,03 ppm'in altında olmalıdır. Hastalık belirtilerinin ortaya çıktığı düzey ise 0,10 ppm-1,1 ppm aralığı olarak tespit edilmiştir. <sup>7</sup>

### **1.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI**

Konutlar, endüstriyel olmayan işyerleri, okul, yurt, hastane ve resmi binaların içindeki hava “iç ortam havası” olarak ifade edilmektedir. İç ortamın havası zaman zaman açık ortama göre daha kirli olabilmektedir. İç ortam havasında; insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen biyolojik, fiziksel ve kimyasal zararlı etkenlerin görülmesi ‘İç Ortam Hava Kirliliği’ olarak tanımlanır. Bina içindeki hava kalitesi; tozlar, uçucu organik bileşikler, formaldehit, karbon monoksit ve biyolojik aerosoller gibi kirletici maddelerin ortamdaki miktarları ile belirlenir. <sup>8</sup> Formaldehit emisyonu, genel olarak üretim sürecinden sonra hava ile temas eden ahşap esaslı malzemenin bu ortamdaki bağıl nem ile formaldehitin çözülerek havaya karışması olarak ifade edilmektedir. Formaldehit, Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu tarafından, kanserojen özellikte bir madde olarak Grup 2A seviyesinde sınıflandırılmıştır. Kapalı ortamlardaki

---

<sup>6</sup> G. Güllü, Türkiye’de İç Ortam Hava Kirliliği Çalışmaları Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2 (2013) 146 – 158

<sup>7</sup> Clarisse B, Laurent AM, Seta N, et al. Indoor aldehydes: measurement of contamination levels and identification of their determinants in Paris dwellings. Environmental Research 2003;92(3):245-53

<sup>8</sup> Emri, G., Schaefer D., Held, B., Herbst C., Zieger W., Horkay, I., Bayerl, C. 2004., Low concentrations of formaldehyde induce DNA damage and delay DNA repair after UV irradiation in human skin cells, Exp. Dermatol. May, 13(5):305-15.

formaldehit miktarı, sağlığa etkileri ve yaşanan iç ortamlarda kirletici olarak yaygın rastlanmaları nedeniyle önemlidir.<sup>9</sup>

Ahşap esaslı panel levha ve mobilya yapımında en fazla kullanılan yapıştırıcı olan üre-formaldehit tutkalı (UF), kapalı ortamlarda sık saptanan kirleticilerindendir. Genel olarak ev, ofislerde mobilya ve dekorasyon işlerinde kullanılan, formaldehit esaslı tutkalarla üretilmiş yonga levha, lif levha ve kontrplaklardan formaldehit salınımı olmaktadır.

Formaldehit canlılara, solunum, ağız, burun veya temas yoluyla deriden girebilir. Yapılan çalışmalarla, formaldehitin özellikle burun ve üst solunum yolu ve deri kanserlerinin gelişimini tetiklediği bildirilmektedir.<sup>10</sup> Formaldehit, insan vücudunda formik aside okside olabilmekte ve idrar yoluyla atılmaktadır. Genel olarak formaldehit'in belli konsantrasyon üzerine çıkması sonucu insanlarda öncelikle göz, burun, boğaz da tahriş ve yanmalar gözlemlenebilir. Ayrıca, ortamda bulunan formaldehit yorgunluk, baş ağrısı gibi şikayetlere de sebep olabilir.<sup>11</sup>

Formaldehit'in 1.0 ppm'den fazla insan vücuduna girmesi durumunda, merkezi sinir sistemi ve solunum yollarında önemli sorunlar oluşabilmektedir.<sup>12</sup> Yapılan çalışmalardan, ortamdaki formaldehit konsantrasyonunun 5.0 ppm'i geçmesi durumunda formaldehitin kokusunun da fazlaca hissedilerek insan sağlığının önemli oranda etkilendiği açıklanmıştır. Formaldehit konsantrasyonunun 10.0-20.0 ppm seviyesinde olması durumunda ise solunum yollarında önemli tahribatlar olduğu belirlenmiştir.<sup>13</sup>

---

<sup>9</sup> Marutzky, R., 1994. Release of Formaldehyde by Wood Products, Forest Product Society, Report No: 94RS100R.

<sup>10</sup> Muzi G., Dell'omo, M., Murgia N., Abritti G. 2004. Chemical pollution of indoor air and its effect on health, G. Ital Med. Law Ergon, Oct-Dec, 26(4):364-9.

<sup>11</sup> Emri, G., Schaefer D., Held, B., Herbst C., Zieger W., Horkay, I., Bayerl, C. 2004., Low concentrations of formaldehyde induce DNA damage and delay DNA repair after UV irradiation in human skin cells, Exp. Dermatol. May, 13(5):305-15.

<sup>12</sup> Marutzky, R., 1994. Release of Formaldehyde by Wood Products, Forest Product Society, Report No: 94RS100R.

<sup>13</sup> Şahin, H.T. 2005. Formaldehid Tutkalı ve Folmaldehid Emisyonu, Laminart, Sayı:39, 2005.



Bu çalışmada amaç, iç ortam hava kalitesi ekseninde iç mekanda donatı elemanı olarak kullanılan ahşap esaslı lif levhaların formaldehit salınımı bakımından değerlendirilmesi ve ahşap esaslı malzemelerden kaynaklanan iç ortam hava kirliliğinin insan sağlığına etkilerinin araştırılmasıdır. Çalışmada, incelenen test metodlarının ülkemizde üretilen ahşap esaslı lif levhaların ve ülkemize yurt dışından ithal edilen ahşap esaslı lif levhaların üzerinde uygulanmış olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Ayrıca çalışmada, iç ortam kirleticilerinin türleri ve kaynakları, hasta bina sendromu, uçucu birleşikler, ahşap panellerin özellikleri ve kullanım yerleri, formaldehit deneyleri ve standartlarına da yer verilmiştir.

Formaldehit esaslı yapıştırıcılarla üretilmiş mobilya ve iç mekan donatısında kullanılan malzemelerin son kullanım yerlerinde zamanla Formaldehit emisyonu oluşabilir. Formaldehitin havadaki konsantrasyonunun belli değerlerden yüksek olması sağlık açısından önemli sonuçlar doğurabilmektedir. Bu çalışmada Formaldehitlerin insan sağlığına etkileri, havadaki formaldehit miktarının tespiti için kullanılan standart metotlar ve bu metotlarla araştırılmış ahşap esaslı lif levhaların formaldehit salınım miktarları açıklanmıştır.

Seçilen çalışma konusu, çok katmanlı yapısı itibariyle; ticaret uzmanları, makine mühendisleri, kimya mühendisleri, çevre mühendislerini, inşaat mühendisleri, mimarlar, iç mimarlar, tekstil mühendisleri ve sağlıkçılar gibi farklı uzmanlık alanlarını bir araya getiren ve önemi gün geçtikçe artan bir konudur. Seçilen konu ile insan sağlığını ilgilendirmesi nedeniyle üreticilerin ve ürün, malzeme kararı veren mimar ve iç mimarların dikkatini çekmek amaçlanmıştır. Bu amaçla literatür araştırmaları yapılmış; dünyada ve Türkiye'de yapılmış olan çalışmalardan yararlanılmış; elde edilen veriler ve çıkarılan sonuçlar kolay anlaşılması açısından çizelgeler haline getirilmiştir.

Materyal analizi ve oda deneyleri, iç mekanda bulunan kirletici kaynaklarının belirlenmesinde tercih edilen metotlar arasındadır. Bu malzemelerin neden olduğu emisyonlar; sıcaklık, bağıl nem, hava değişim hızı gibi parametrelerin sabit

---

Emri, G., Schaefer D., Held, B., Herbst C., Zieger W., Horkay, I., Bayerl, C. 2004., Low concentrations of formaldehyde induce DNA damage and delay DNA repair after UV irradiation in human skin cells, Exp. Dermatol. May, 13(5):305-15.

tutulduğu, belirli yükleme faktörüne ve hacme sahip, temiz hava kaynağı ile sirküle olan odalar kullanılarak belirlenebilmektedir. Bu çalışmada standart olarak kabul edilmiş materyal testleri ve oda deneylerinin en çok uygulandığı iç ortam kirleticileri olan uçucu organik bileşikler (UOB) ve formaldehit emisyon hızlarının ölçümünde kullanılan ISO, ASTM ve Japon standartları hakkında da zet bilgi verilmektedir. Referans alınana standartlar, genellikle Amerikan Isıtma Soğutma ve Klima Mühendisler Birliğinin (ASHRAE) ve Alman Mühendisler Birliği (VDI) ve Alman DIN Standartları olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kontrollü oda deneylerinin iç ortam hava kalitesi açısından kullanıldığı diğer alanlar anlatılmaktadır.

Bu doğrultuda;

*“Ahşap esaslı lif levhaların, formaldehit salınım düzeyleriyle iç ortam hava kalitesine etkisi nedir?”* sorusu, çalışmanın araştırma sorusunu belirlerken; *“Farklı Ahşap esaslı lif levhaların formaldehit salınım miktarlarının birbirlerine göre iç ortam hava kalitesine etkisi nedir?”* alt problem olarak belirlenmiştir.

Ahşap esaslı lif levha konusunda formaldehit salınımlarının incelenmesi veri toplama kolaylığı açısından tercih edilmiştir. Ahşap esaslı lif levhalar dışında kalan Lif Levhalar, Yonga Levha ve Kontrplak kapsam dışında bırakılmışlardır.

## 1.2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

İç Ortam Kalitesi ve Konforu, İç Ortam Hava Kalitesi, İç Ortam Kirleticileri, Formaldehit, Ahşap Esaslı Lif Levha ve Panellerdeki Salınımı, Bunların Sağlık Üzerindeki Etkileri hakkında Dünya’da ve Türkiye’de yapılmış olan çalışmalardan yararlanılmıştır. Literatür taramasıyla, araştırma konusuyla ilgili önceden yapılmış çalışmalar incelenerek, konuyla ilgili geniş çaplı bilgi edinilmiş, araştırma problemi hakkındaki düşünceler netlik kazanmıştır.

Literatür taraması, ana konu ve alt konularla ilgili araştırma sonuçlarının belirlenmesi ve araştırma probleminin tanımlanması sürecinde başlamış; literatüre yapılan güncel katkıları değerlendirmek açısından tüm araştırma süresince devam etmiştir. Araştırma problemi alanına ilişkin gerekli taramaların yapılması ve araştırma sonuçlarının irdelenip yorumlanması için konu hakkında daha önce yapılmış benzer çalışmalardan bir derleme oluşturulmuştur.

Alanda yapılan araştırmalar 2000 yılı ve sonrasında yazılmış makaleleri kapsamaktadır. Makaleler aranırken çıkan sonuçlar anahtar kelimelere göre 176 adete kadar indirgenmiş, her bir makale detaylı olarak incelendikten sonra, insan sağlığı ve yapı malzemeleri konu alan makalelere odaklanılmıştır. Odak çalışmalar, doğrudan doğruya insan sağlığı ile yapı malzemelerinin ilişkisini içeren yayınlardır.

“Science Direct” veri tabanı üzerinden ‘indoor air quality, formaldehyde, wood fiber board ’ anahtar kelimeleriyle yapılan tarama sonuçları ile elde edilen makaleler bulunmuştur. Uluslararası dergilerde yayınlanmış makalelere öncelik verilerek çalışmanın ve başlığı, yazarları, yayınlanma tarihi ve özetlerine göre hazırlanmıştır.

Bu araştırmada nicel araştırma yöntemi benimsenmiş, elde edilen sonuçlar benzer çalışmalardan elde edilen verilerle karşılaştırılarak inceleme derleme türünde bir çalışma yapılmıştır.

### 1.3. LİTERATÜR TARAMASI

Analiz kısmında “science direct” veri tabanı üzerinden ‘indoor air quality, formaldehyde, wood fiber board ’ anahtar kelimeleriyle yapılan tarama sonuçları ile elde edilen makaleler bu bölümde paylaşılmıştır.

Toplamda 176 ilgili yayın (Content type Journal:176) bulunmuştur.

**Çizelge1.1.** Yıllara Göre Literatür Sayısı Dağılımı

YILLAR	ADET
2016	(24)
2015	(25)
2014	(12)
2013	(11)
2012	(15)
2011	(12)
2010	(13)
2009	(12)
2008	(6)
2007	(14)
2006	(3)
2005	(6)
2004	(6)
2003	(1)
2002	(4)
2001	( 6)
2000	(5)

**Çizelge 1.2.**Yayın Başlığına Göre Litaratür Sayısı Dağılımı

YAYIN BAŞLIĞI	ADET
Fuel and Energy Abstracts	(39)
Building and Environment	(21)
Atmospheric Environment	(11)
Construction and Building Materials	(6)
Annals of Allergy, Asthma & Immunology	(5)
Journal of Cleaner Production	(4)
Clinical Microbiology and Infection	(3)
Energy and Buildings	(3)
Mutation Research/Reviews in Mutation Research	(3)
Science of The Total Environment	(3)
Sensors and Actuators B: Chemical	(3)
Advances in Applied Microbiology	(2)
Bioresource Technology	(2)
Carbohydrate Polymers	(2)
Chemosphere	(2)
Environment International	(2)
Journal of Allergy and Clinical Immunology	(2)
Journal of Hazardous Materials	(2)
The Lancet	(2)
Renewable and Sustainable Energy Reviews	(2)

**Çizelge 1.3.** Konuya Göre Literatür Sayısı Dağılımı

KONU	ADET
enerji	(42)
yakıt	(38)
Uçucu Organik Bileşikler (UOB'ler)	(13)

sonuç	(12)
hasta	(11)
yapı	(8)
birim alan	(7)
malzeme	(7)
ozon	(7)
kağıt	(6)
alerji	(6)
hidrojen	(5)
formaldehit	(5)
termal mühendislik	(5)
Çin	(4)
yaşam döngüsü	(4)
astım	(4)
hava	(4)
kanser	(4)

Yapılan çalışma sonucunda ulaşılan odak makalelerin daha çok malzeme bilimi çerçevesinde şekillendiği, son kullanıcıya ulaşan ürün temelinde gerçekleştirilen çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Aşağıda alanda yapılan çalışmalardan örnekler bulunmaktadır. İnsan sağlığı ve yapı malzemeleri arasındaki ilişkiyi inceleyen makaleler yayın tarihlerine göre şöyle sıralanmaktadır:

Kaunelienė ve arkadaşlarının 2016 yılında Litvanya’da yaptıkları çalışmada, yeni inşa edilen 11 düşük enerji konuttaki kapalı ortamda, sıcaklık, bağıl nem, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, formaldehit, uçucu organik bileşikler (VOC), ve yarı uçucu organik bileşikler konsantrasyonları pasif örnekleme yöntemiyle araştırılmıştır. İç kurulumdan hemen sonra kirletici konsantrasyonları sınır değerlerden yüksek bulunmuş ve 1 ay içinde hızla düştüğü gözlemlenmiştir. İç hava kalitesinin taşınma öncesindeki denetlenmesi, istenilen seviyede olmadan taşınmaması, sağlıklı ürünlerin iç mekanlarda

kullanılması, mekanik havalandırmanın sağlanması ile iç hava kalitesinin artırılması sonucuna ulaşılmıştır.<sup>14</sup>

Doll ve arkadaşları tarafından 2016 yılında yapılan bu çalışma Kuzey Carolina'da 69 konutta gerçekleştirilen bir alan araştırmasıdır. Havalandırma öncesi ve sonrasında CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, formaldehit, radon, sıcaklık, partiküller için ölçümler yapılmıştır. Havalandırma sonrası, sıcaklık ve partiküller dışında IEQ yönergelerine uygun sonuçlar bulunmuştur. Sigara içilen evlerde havalandırma sonunda da tüm değerlerin sadece %25 i IEQ'ya uygun olabildiği görülmüştür. Hayvan beslenen evlerde partikül miktarı havalandırma sonrası da 5 µm and 10 µm olarak yüksek bulunmuştur. Havalandırma ile karbondioksit miktarının düştüğü gözlenmiş çalışmada kapalı emisyonlarının kaynaklarının belirlenerek iç hava kalitesinin artırılması sonucuna ulaşılmıştır.<sup>15</sup>

Darling ve arkadaşları 2016 yılında iç ortamdaki ozonu yapı malzemeleriyle enerji olmaksızın pasif olarak ortamdan uzaklaştırma konusunda çalışma yapmışlardır. Bu amaçla yaptıkları literatür araştırması sonucunda kil-esaslı tuğla da dahil olmak üzere inorganik malzemeler, mineral lifleri veya volkanik perlit sıvalar, kalkerli taş ve tavan döşemeler önerilmektedir. Bir binada ozon temizleme etkinliği ve formaldehit reaksiyonu uygulanmış piyasadaki duvar kaplaması (kil boya) için tahmin edilmektedir. Ancak kapalı ortamdaki ozonun temizlenmesine yönelik uzun vadeli malzeme performansı üzerinde araştırma gerekliliği de belirtilmiştir.<sup>16</sup>

Philomena ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptıkları çalışmanın konusu öğrenci evleri bina özellikleri ile burun enfeksiyonu olan öğrenciler arasındaki ilişkileri belirlemektir. Bu amaçla Hollanda'da üç farklı üniversitelerden dört farklı öğrenci grubu arasında anket yapılmıştır. Logistic regresyon modelleme yapı özellikleri ve

---

<sup>14</sup> Violeta Kaunelienė, Tadas Prasauskas, Edvinas Krugly, Inga Stasiulaitienė, Darius Čiužas, Lina Šeduikytė, Dainius Martuzevičius; Indoor air quality in low energy residential buildings in Lithuania Original Research Article Building and Environment, Volume 108, 1 November 2016, Pages 63-72

<sup>15</sup> S.C. Doll, E.L. Davison, B.R.; Painting Weatherization impacts and baseline indoor environmental quality in low income single-family homes Original Research Article Building and Environment, Volume 107, October 2016, Pages 181-190

<sup>16</sup> Erin Darling, Glenn C. Morrison, Richard L. Corsi; Passive removal materials for indoor ozone control Review Article Building and Environment, Volume 106, September 2016, Pages 33-44

burun enfeksiyonu arasındaki ilişkileri keşfetmek için uygulanmıştır. Öğrencilerden %33'ü son 12 ay içinde burun enfeksiyonu çektiğini belirtmektedirler. Aile geçmişindeki burun enfeksiyonu ve MDF mobilya kullanımının bağlantısı anlaşılmaktadır. Çalışma evcil hayvanların neden olduğu biyolojik kirleticiler, MDF mobilyaların neden olduğu kimyasal kirleticilerin, havalandırma yetersizliğinin, burun enfeksiyonu olan öğrenciler ile ilişkili olduğunu göstermektedir.<sup>17</sup>

Poulhet ve arkadaşlarının 2015 yılında inşaat malzemelerinde düşük UOB kaynaklarının belirlenmesi konusunda pasif örnekleme yöntemiyle gerçekleştirdikleri çalışmada kapalı emisyonlarının kaynaklarının belirlenerek iç hava kalitesinin artırılması sonucuna ulaşılmıştır.<sup>18</sup>

Villanueva ve arkadaşları tarafından 2015 yılında Formaldehit dahil yirmi dokuz organik hava kirletici sanayileşmiş şehir merkezi İber Yarımadasındaki Puertollano, açık ölçümlerle birlikte farklı evlerin kapalı ortamlarında ölçülmüştür. 8 hafta boyunca pasif örnekleme cihazları kullanarak örnek ve potansiyel Uçucu Organik Birleşik, (UOB) kaynakları üzerinde yapılmıştır. Sonuçlar formaldehit ve en bol diehydroabietinal UOB'ler 55.5 ve 46,4 µg m<sup>-3</sup>, ortalama bir konsantrasyon ile kapalı hava sırasıyla ölçülmüştür. Kapalı/açık oranları bu kaynakları kapalı ortamda > 6 göstermiştir. Ömür boyu kanser riski formaldehit içinasetaldehit için ve benzen için belirlenmiştir. Formaldehit için örneklenen evlerde yönetim organları tarafından önerilen iki kabul edilebilir risk büyüklüğü ise (10-6) dır.<sup>19</sup>

Yu-Hsiang ve arkadaşları tarafından 2015 yılında yapılan çalışmada, yapı malzemelerin içerdikleri uçucu organik bileşiklerin ile kapalı ortamlarda büyük

---

<sup>17</sup> Bluysen Philomena M, Marco Ortiz-Sanchez, Céline Roda; Self-reported rhinitis of students from different universities in the Netherlands and its association with their home environment Original Research Article Building and Environment, Volume 110, December 2016, Pages 36-45

<sup>18</sup> Guillaume Poulhet, Sébastien Dusanter, Sabine Crunaire, Nadine Locoge, Pascal Kaluzny, Patrice Coddeville 'Recent developments of passive samplers for measuring material emission rates: Toward simple tools to help improving indoor air quality, Original Research Article Building and Environment, Volume 93, Part 1, November 2015, Pages 106-114 '

<sup>19</sup> Florentina Villanueva, Araceli Tapia, Mariano Amo-Salas, Alberto Notario, Beatriz Cabañas, Ernesto Martínez; Levels and sources of volatile organic compounds including carbonyls in indoor air of homes of Puertollano, the most industrialized city in central Iberian Peninsula. Estimation of health risk, Original Research Article International Journal of Hygiene and Environmental Health, Volume 218, Issue 6, August 2015, Pages 522-534



emiyon kaynakları olduğu belirtilmiştir. Bu araştırmada, BMs (konvansiyonel ve yeşil dahil) 8 tőr tavan, dolap ve kapalı alanda kullanılan dõeeme için 216 L test odası yöntemi kullanılmıştır. Örnekler, geleneksel ve yeşil bina malzemeleri karşılaştırma yöntemiyle incelenmiştir. Yeşil bina malzemelerinde geleneksele göre, özellikle ahşap dõeeme ve alçı pano için daha düşük emiyon sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmalardan, kapalı ozon konsantrasyonları, artan karbon, özellikle formaldehit ve asetaldehit konsantrasyonları ile kronik sağlık problemlerine neden olabileceği belirtilmiştir.<sup>20</sup>

Forouzanfar ve arkadaşları tarafından 2013 yılında sonuçlandırılan çalışmanın konusu olarak risk faktörü miktarı, özellikle değiştirilebilir risk faktörleri ve halk sağlığı seçilmiştir. Bu konuların, ortaya çıkan tehditleri tanımlamada yardımcı olabileceği belirtilmiştir. Çalışmanın yöntemi, karşılaştırmalı risk eğerlendirmesi için pozlama, göreceli riskleri ve kanıt uygun risk dağılımı üzerinde yeni verilerle güncelleştirmek için de bir fırsat sağlamaktadır. Risk – sonuç ikilisi 188 ũlke için yaş ve cinsiyet olarak 1990-2013 dönemi için değerlendirilmiştir: Sonuç 143.5 milyon DALYs, hava kirliliğidir.<sup>21</sup>

Muller ve arkadaşları; 2015 yılındaki çalışmalarında ortam havası kirliliği, genel popũlasyonda hastalık ve ölüm miktarını önemli ölçüde artıracadığını belirtmişlerdir. Ortamda bulunan rahatsız edici ve zararlı gazlar ve kötü kokular bulunduğunda insan sağlığını etkileneceğini söylemişlerdir. Bu amaçla partiküler madde ile birlikte herhangi bir hava temizleme sistemine insanları korumak ve iyi iç hava kalitesini sağlamak için ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Öncü Hava Temizleme etkili PM10, PM2.5, formaldehit, O3, SO2, NO2 ve uçucu organik bileşikler de dahil olmak üzere

---

<sup>20</sup> Yu-Hsiang Cheng, Chi-Chi Lin, Shu-Chen Hsu; Comparison of conventional and green building materials in respect of VOC emissions and ozone impact on secondary carbonyl emissions, Original Research Article, Building and Environment, Volume 87, May 2015, Pages 274-282

<sup>21</sup> Mohammad H. Forouzanfar, Lily Alexander, H Ross Anderson, Victoria F Bachman, Stan Biryukov, Michael Brauer, Richard Burnett, Daniel Casey, Matthew M Coates, Aaron Cohen, Kristen Delwiche, Kara Estep, Joseph J Frostad, Astha KC, Hmwe H Kyu, Maziar Moradi-Lakeh, Marie Ng, Erica Leigh Slepak, Bernadette A Thomas, Joseph Wagner, Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013, Original Research Article The Lancet, In Press, Corrected Proof, Available online 11 September 2015 GBD 2013 Risk Factors Collaborators.

ortak hava kirleticileri kaldırmak için çeşitli teknolojileri bir araya getiren gelişmiş hava temizleme cihazları kullanılması yöntemiyle; Pekin, Şanghay ve Guangzhou'da Hava kalitesi araştırmaları testleri yapılmıştır.<sup>22</sup>

Derbez ve arkadaşları, enerji verimli binaların kapalı ortam kalitesi bilgilerini geliştirmek amacıyla, Fransa'da iki adet ahşap doğramalı düşük enerjili müstakil konutta, 3 yıllık takip çalışması gerçekleştirilmişlerdir. Ölçülen kirleticilerle ilgili herhangi bir belirli kapalı hava kirliliğine her iki konutta da rastlanmamıştır. İç hava kalitesinin olumsuz yönde değişkenliği zamanla yeni yapı malzemeleri, ürünleri ve boyalar tarafından ilk aylarından itibaren çıktığı belirtilmiştir. 2014 yılında yayınlanan sonuçlara göre binalarda sağlıklı bireylerin yaşaması için yapılarda tasarımı, daha sessiz, kullanıcı dostu, güçlü havalandırma sistemlerinin tasarlanmasına, ve bunun yanında zorunlu muayene ve profesyoneller tarafından sık sık bakım uygulanmasına, inşaat, dekorasyon, mobilya ve tüketici ürünlerinin spesifikasyonlarının sağlığa uygun ve etiketli olmasına dikkat çekilmiştir.<sup>23</sup>

Mandayo ve arkadaşları tarafından 2014 yılında yapılan çalışmanın konusu iç hava kalitesini, entegre kapalı ortamlarda izlemek için bir aygıt geliştirmektir. Cihazın temel amacı; ısı, havalandırma ve klima, enerji tasarruflu bir şekilde yüksek hava kalitesini bina içinde sağlamaktır. Ortak AB mevzuatı, Avrupa ve ABD'de kapalı uçucu organik bileşikler üzerinde odaklanarak, farklı kuruluşlarının önerileri inceledikten sonra sınırları belirlenerek çalışma sonuçlandırılmıştır.<sup>24</sup>

Yu Liu, Xiaodong Zhu tarafından 2014 yılında yapılan çalışmada insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, ahşap esaslı panellerde Formaldehit ve UOB

---

<sup>22</sup> Christopher O.Muller, Henry Yu Besfield Zhu; Ambient Air Quality in China: The Impact of Particulate and Gaseous Pollutants on IAQ, Original Research Article Procedia Engineering, Volume 121, 2015, Pages 582-589 China faces serious air quality challenges in both outdoor and indoor environments due to particularly high levels of air pollution where maximum values greatly exceed current air quality standards.

<sup>23</sup> Mickaël Derbez, Bruno Berthineau, Valérie Cochet, Cécile Pignon, Jacques Ribéron, Guillaume Wyart, Corinne Mandin, Séverine Kirchner; A 3-year follow-up of indoor air quality and comfort in two energy-efficient houses, Original Research Article Building and Environment, Volume 82, December 2014, Pages 288-299

<sup>24</sup> G.G. Mandayo, J. Gonzalez-Chavarri, E. Hammes, H. Newton, I. Castro-Hurtado, I. Ayerdi, H. Knapp, A. Sweetman, C.N. Hewitt, E. Castaño System to control indoor air quality in energy efficient buildings, Original Research Article Urban Climate, In Press, Corrected Proof, Available online 16 November 2014

emisyonlarının araştırılmasının önemli olduğu belirtilmiştir. Bu amaçla yapılan araştırmada, çevre dostu kaplamalı ahşap levhalar nanoteknoloji yöntemi kullanarak geliştirilmiştir. Takviyeli nano tanecikleri melamin emdirilmiş kağıt, levha içindeki Formaldehit ve UOB'leri yutmaya yardımcı olabileceği söylenmiştir. Sonuç olarak ahşap esaslı panellerin Formaldehit ve UOB miktarı, nanomalzemenin ekleme türü ve yükleme seviyesinden önemli ölçüde etkilendiği tesbit edilmiştir.<sup>25</sup>

Bourdin ve arkadaşları tarafından 2014 yılında yapılan araştırmanın amacı inşaat malzemelerinden oluşan formaldehit emisyon davranışını, yeni inşa edilen sınıflarda hava kirliliğini kullanılan malzeme üzerinden yerinde ölçümlerle araştırmaktır. Formaldehit konsantrasyonunu malzeme yüzeyinde ölçmenin yeni bir yöntem olduğunu çalışmada belirtilmiştir. Yöntem, malzeme yüzeyindeki Formaldehitin kütle transferini ölçmeğe dayanmaktadır. Bu bakımdan yöntem iç hava kalitesi tahmin etmek için bir kütle denge modeli değerlendirilmesidir. Sonuç olarak kapalı ortam kirliliği üzerindeki gerçek etkileri tahmin etmek için gerekli yerinde ölçümler yapılmıştır.<sup>26</sup>

Plaisance ve arkadaşlarının 2014 yılında yaptıkları çalışmanın konusu, yedi farklı malzeme yüzeyinde formaldehit emisyon ölçümlerini farklı difüzyon uzunlukları sahip pasif numuneler kullanarak çevre odası koşullar altında yürütülen gaz fazlı sınır tabaka karakterize etmek için bir yöntem geliştirmektir. Bu dolaylı yaklaşım, gaz fazlı sınır tabaka kalınlığı ortalama değeri  $31,6 \pm 17,4$  mm aralığı ile sağlamaktadır. Bu deneylerde malzeme yüzeyi konsantrasyonu yanı sıra gaz fazlı sınır tabaka içinde gaz toplama gradyanı gibi diğer bilgileri de vermektedir. Sonuç olarak gaz toplama malzeme yüzeyindeki formaldehit konsantrasyonuyla içindeki gaz fazlı sınır tabaka konsantrasyonu arasında emisyon oranı bulunduğu verisine

---

<sup>25</sup> Yu Liu, Xiaodong Zhu, Measurement of formaldehyde and VOCs emissions from wood-based panels with nanomaterial-added melamine-impregnated paper, Original Research Article Construction and Building Materials, Volume 66, 15 September 2014, Pages 132-137

<sup>26</sup> Delphine Bourdin, Pierre Mocho, Valérie Desauziers, Hervé Plaisance; Formaldehyde emission behavior of building materials: On-site measurements and modeling approach to predict indoor air pollution, Original Research Article Journal of Hazardous Materials, Volume 280, 15 September 2014, Pages 164-173

ulaşmıştır. Veri ve ilişkileri kapalı yüzeylerden formaldehit emisyonu modelleme ve parametrize etmek için yararlı olduğu belirtilmiştir.<sup>27</sup>

Derbez ve arkadaşları tarafından 2014 yılında yapılan bu çalışma Fransa'da enerji tasarruflu olarak 7 konutta gerçekleştirilen bir alan araştırmasıdır. İç hava kalitesi göstergelerine göre konutlar kullanım öncesi (Toplam uçucu organik bileşikler, uçucu organik bileşikler, aldehitler, karbon monoksit, partiküler madde daha az çaplı (PM2.5) ve radon 2,5 µm) ve kapalı çevre parametreleri (karbon dioksit, sıcaklık, bağıl nem ve gürültü) ve sırasında konutlar ilk yılında ölçülmüştür. Aynı anda her saat hava değişimi (ACH) ve hava egzoz oranı ölçülmüş bina sakinlerinin iç ortam hava kalitesi algılamaları bir anket ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak benzen, formaldehit, hexaldehide, n-decane ve n-undecane düzeylerinin geçici olarak insan faaliyetleri nedeniyle arttığı görülmüştür. CO2 ve formaldehit düzeyleri dikkati çeker ölçüde farklı değildir, ancak standart Fransız konutlarında, benzen, ethylbenzene, m ve p xylenes, konsantrasyonları göre PM2.5 ve radon, düşüktür. Isı geri kazanım sistemleri ile mekanik havalandırma ACH düzeyleri için 0.5 h<sup>-1</sup> veya daha yüksek, hava kuru hale getirilmiştir.<sup>28</sup>

Bu çalışmada Poulhet ve S. Dusanter 2014 yılında, formaldehit emisyonunu kapalı ortamlarda yapı ve mobilya malzemeleri kaynaklı olarak miktarını belirlemek için metodoloji geliştirmiştir. Sekiz Fransız devlet okulunda emisyon ana kaynaklarının tanımlaması yapılmıştır. Yirmidokuzdan fazla formaldehit kaynağı bulunmuştur. Formaldehit azaltma stratejileri bir kütle denge modeli yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar ölçülen formaldehit konsantrasyonları ve hava değişim

---

<sup>27</sup> H. Plaisance, A. Blondel, V. Desauziers, P. Mocho ; Characteristics of formaldehyde emissions from indoor materials assessed by a method using passive flux sampler measurements, Original Research Article Building and Environment, Volume 73, March 2014, Pages 249-255

<sup>28</sup> Mickaël Derbez, Bruno Berthineau, Valérie Cochet, Murielle Lethrosne, Cécile Pignon, Jacques Riberon, Severine Kirchner; Indoor air quality and comfort in seven newly built, energy-efficient houses in France, Original Research Article Building and Environment, Volume 72, February 2014, Pages 173-187

oranı formaldehitin tanımlanmayan bir kapalı ortamlarda da bulunabileceğini göstermiştir.<sup>29</sup>

Muttil ve arkadaşları tarafından 2014 yılında yapılan çalışmada Formaldehit esaslı yapıştırıcıların bilinen kanserojen ve diğer istenmeyen sağlık etkileri olduğu için zararlı olduğu belirtilmiştir. Bu ve diğer çevresel kaygılar yakın geçmişte 'yeşil' yapıştırıcılara çevre dostu biyolojik kaynaklardan gelen bir ilgi oluşturmuştur. Çalışma ahşap esaslı levhalarda çevre dostu bio kaynaklı yapıştırıcı üretimi oluşturmak amacıyla yapılmıştır. Yeşil yapıştırıcılar ile yeşil çevreye karşı sorumlu olan binalar hedeflemektedir. Bu çalışmada soya unu, fenol, alçı kullanılarak geliştirilen bir doğal temelli yapıştırıcı önerilmiştir. Karşılaştırma ve ölçme yöntemi kullanılmıştır. Sonuçta soya-esaslı yapıştırıcı formaldehit esaslı yapıştırıcıdan kontrplak için daha büyük bir güç kazandırdığı gözlenmiştir.<sup>30</sup>

Wolkoff tarafından 2013 yılında yapılan bu çalışmanın konusu; ofis ortamlarında kapalı hava kirleticilerinin konfor, sağlık ve performans açısından değerlendirilmesidir. Koku algısı bazlı iç hava kalitesinin, koku etkisi yaratacak faktörlerin çeşitliliğine ve miktarına bağlı olduğu belirtilmiştir. Çevre ve iş koşulları sonucu, iç ortamda bulunanlar formaldehit dahil olmak üzere UOB'lerin kansere kadar ulaşan negatif sağlık etkileri olabileceğine dikkat çekilmiştir. Astım ve solunum yolları için de sorunlar olabileceği söylenmiştir. Partiküller, kalp ve dolaşım sistemi ile ilgili sorunlara neden olabilmektedir. Sonuç olarak iç hava kalitesini değerlendirmek ve konfor sağlık ve performansı etkileyerek hastalık yapan seviyelere ulaşmasını önlemek amacıyla; koku ve duyuşal tahriş eşiklerinin baz alındığı analize dayalı ölçümler tavsiye edilmiştir.<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> G. Poulhet, S. Dusanter; Investigation of formaldehyde sources in French schools using a passive flux sampler, Original Research Article, Building and Environment, Volume 71, January 2014, Pages 111-120

<sup>30</sup> Nitin Muttil, Ghanta Ravichandra, Stephen W. Bigger, Graham R. Thorpe, Dorbha Shailaja, Swadesh Kumar Singh; Comparative Study of Bond Strength of Formaldehyde and Soya based Adhesive in Wood Fibre Plywood Original Research Article Procedia Materials Science, Volume 6, 2014, Pages 2-9

<sup>31</sup> Peder Wolkoff; Indoor air pollutants in office environments: Assessment of comfort, health, and performance, International Journal of Hygiene and Environmental Health, Volume 216, Issue 4, July 2013, Pages 371-394

2013 yılında Gunschera ve arkadaşları tarafından çalışmada konu olarak, 48 m<sup>3</sup> paslanmaz çelik odası bulunan, klimalı, test amaçlı hazırlanmış bir konut ortamında, yapı malzemelerinden gelen formaldehit emisyonunun davranışının iç hava kirliliğine katkısı ve etkileri araştırılmıştır. İç ortam havasında genel formaldehit konsantrasyonunu etkileyen faktörler incelenmiştir. Bu çalışmanın en önemli sonucu; elde edilen formaldehit konsantrasyonunun sadece katkı yapılmış malzemelerin emisyonları üzerinden oluşmaması olarak belirtilmiştir. Bu durum sadece koşullar oluştuğunda birden çok parametre dikkate alınarak açıklanabilmiştir.<sup>32</sup>

Pegas ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptıkları araştırmada hava kirleticileri okul binaları içinde çocukların sağlığını, öğrenme performansı ve katılımını etkilediği belirtilmiştir. Bu çalışmada konu olarak hava kirletici konsantrasyonları farklı yerlerdeki okul binaları içinde ve dışında (şehir merkezi ve banliyö) Portekiz Aveiro’da, Nisan ve Haziran 2010 arasında araştırılmıştır. Çalışmanın amacı konfor parametreleri (sıcaklık, bağıl nem, CO<sub>2</sub> ve CO) ve UOB'ler, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve bioaerosol açık ve kapalı konsantrasyonlarını değerlendirmektir. Sonuç olarak çoğu kirleticiler için konsantrasyonlar kapalı ortamda açık havadan daha yüksek bulunmuştur.<sup>33</sup>

Salem ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptıkları çalışmanın konusu farklı türdeki ahşap esaslı panel ve döşemelerde Formaldehit emisyonunun belirlenmesidir. Bu amaçla farklı ölçme yöntemleri uygulanmıştır. Ölçümlerde kullanılan TR 717-1, tr 717-2, EN 120 ve ASTM D 6007-02 yöntemleri arasındaki benzer ilişki incelenmiştir. Sonuç olarak Laminat ve boyaaların üst katmanın formaldehit emisyonuna büyük etkisi olduğu görülmüştür. Dört test metodu arasında iyi pozitif

---

<sup>32</sup> Jan Gunschera, Sibel Mentese, Tunga Salthammer, Jan Rud Andersen; Impact of building materials on indoor formaldehyde levels: Effect of ceiling tiles, mineral fiber insulation and gypsum board, Original Research Article Building and Environment, Volume 64, June 2013, Pages 138-145

<sup>33</sup> P.N. Pegas, T. Nunes, C.A. Alves, J.R. Silva, S.L.A. Vieira, A. Caseiro, C.A. Pio; Indoor and outdoor characterisation of organic and inorganic compounds in city centre and suburban elementary schools of Aveiro, Portugal Original Research Article Atmospheric Environment, Volume 55, August 2012, Pages 80-89

korelasyon 16 mm örneğinde tesbit edilmiştir. EN 120 ve ASTM D 6007-02 arasında şaşırtıcı derecede iyi korelasyon R2 0.93 değerinde olduğu görülmüştür.<sup>34</sup>

Ranci re ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptıkları çalışmanın konusu, Paris'te aldehid kirliliği olan evlerde ozon miktarının artırılmasıyla 196 bebeğin etkilediğini göstermiştir. Formaldehit ve hexaldehide konsantrasyonları % 4 ve % 11 arttığı zaman, 8 saatte ortam ozon seviyesi 20 µg/m<sup>3</sup> yükselmiştir. Potansiyel aldehid hareketlenme öncesi oksidasyon reaksiyonu, deneysel çalışmalarla gösterilmiştir. Sonuç olarak dış ortamdaki gelen ozon miktarı, iç ortamdaki kaynaklanan formaldehit ve hexaldehide düzeyindeki oluşabilecek artışa göre ayarlanarak iç ortam hava kalitesi artırılabilir. <sup>35</sup>

Wolkoff ve arkadaşları tarafından 2010 yılında yapılan çalışmada son zamanlarda odak noktası olan formaldehit hakkında ve sağlık konusunda endişeler olduğu belirtilmiştir. Formaldehit konulu literatürlerden solunum yolları ve akciğer etkileri kapalı ortamlarda incelenmiştir. Sonuç olarak burun, duyu tahriş gözlenen pap lasyonda, akut ve kronik duyuusal problemleri için günlük normal dağılımı olan i hava kalitesi formaldehit sınırı 0.1 mg/M<sup>3</sup> (0,08 ppm) olarak kabul edilmiştir.<sup>36</sup>

Ki-Wook Kim ve arkadaşları 2010 yılında yaptıkları araştırmada Formaldehit ve Uçucu Organik Birleşikler; UOB, ahşap parçacıklar, odun lifi, talaş ve formaldehit esaslı reçineler kullanılarak yapılan ahşap esaslı panellerden yayıldığını belirtmişlerdir. Bu çalışmanın konusu formaldehit ve UOB emisyon davranışının, kaplamasız yüzey malzemeleri (meşe dekoratif kaplama, alçak basıncılı melamin emdirilmiş kağıt ve yüksek basıncılı melamin emdirilmiş kağıt)   tür ve dört tür kaplamalı yüzey malzemeleri ile orta yoğunluk Sunta (MDF) (kağıt, iki tür Finiş

---

<sup>34</sup> Mohamed Z.M. Salem, Martin Böhm, Jarom r Srba, Jitka Ber nkov ; Evaluation of formaldehyde emission from different types of wood-based panels and flooring materials using different standard test methods Original Research Article Building and Environment, Volume 49, March 2012, Pages 86-96

<sup>35</sup> Fanny Rancière, Claire Dassonville, C lina Roda, Anne-Marie Laurent, Yvon Le Moullec, Isabelle Momas ; Contribution of ozone to airborne aldehyde formation in Paris homes , Science of The Total Environment, Volume 409, Issue 20, 15 September 2011, Pages 4480-4483

<sup>36</sup> Peder Wolkoff, Gunnar D. Nielsen; Non-cancer effects of formaldehyde and relevance for setting an indoor air guideline, Review Article Environment International, Volume 36, Issue 7, October 2010, Pages 788-799 Peder Wolkoff, Gunnar D. Nielsen

folyo ve PVC kaplı) malzemelerinde araştırılmasıdır. Bu çalışmada alan ve laboratuvar emisyon hücre (FLEC) yöntemi ve 20 L küçük odası yöntemi kullanarak deney yapılmıştır. Sonuç olarak, kaplanmış yüzey malzemeleri UOB emisyonunu düşürmemiştir ama formaldehit emisyonu küçük oda testinde 20 L düşürülmüştür. FLEC testinde ise hem kaplamalı hem de kaplamasız yüzey malzemelerinde daha düşük UOB ve formaldehit emisyonu göstermiştir.<sup>37</sup>

Sumin Kim tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada, formaldehit ve toplam uçucu organik bileşiklerin emisyonlarının azaltılması amacıyla mobilya malzemeleri olarak kullanılan Orta Yoğunlukta Lif levhaların (MDF) fiziko-mekanik özellikleri araştırılmıştır. Nem oranı, yoğunluk, kalınlığı şişlik, su emme ve MDF fiziksel özellikleri ölçme yöntemiyle incelenmiştir. Formaldehit ve UOB 20 L küçük oda yöntemi Kore standartları yöntemi olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak MDF'nin fiziksel ve mekanik özellikleri önemli ölçüde değişmemiş ancak formaldehit ve UOB emisyonu azalmıştır.<sup>38</sup>

Charles J. Weschler tarafından 2009 yılında yapılan çalışmanın amacı iç hava ortamı olan binada kirletici emisyon profillerinde değişiklikler olduğuna dikkat çekmektir. Zamanla yapı malzemeleri ve kapalı ortamlarda kullanılan tüketim ürünlerinde. büyük değişiklikler olduğu, kompozit ahşap, sentetik halılar, polimer döşeme, köpük yastıklama, plastik maddeler ve kokulu temizlik maddelerinin kullanıldığı belirtilmiştir. Aynı şekilde çamaşır makinesi/kurutma makinesi, televizyon ve bilgisayar gibi mekanik ve elektrik aletleri için geçerli olduğu söylenmiştir. Bu materyaller ve ürünler, katkı maddeleri de dahil olmak üzere bir dizi kimyasal çözücüler yaydığı ve ölçüm yöntemleriyle, kapalı ortamda kirleticilerin düzeyleri yıllara göre arttığı ve yüksek kaldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak bu ortamlara

---

<sup>37</sup> Ki-Wook Kim, Sumin Kim, Hyun-Joong Kim, Jin Chul Park; Formaldehyde and TVOC emission behaviors according to finishing treatment with surface materials using 20 L chamber and FLEC, Original Research Article Journal of Hazardous Materials, Volume 177, Issues 1-3, 15 May 2010, Pages 90-94

<sup>38</sup> Sumin Kim; The reduction of indoor air pollutant from wood-based composite by adding pozzolan for building materials, Original Research Article Construction and Building Materials, Volume 23, Issue 6, June 2009, Pages 2319-2323



kullanıcılar maruz kaldığından kirleticiler, kaynakları ve miktarları ile ilgili olarak sürekli izleme sağlanmasının önemine dikkat çekilmiştir.<sup>39</sup>

Uhde ve Salthammer. tarafından 2007 yılında yapılan çalışmanın konusu, genel yapı ürünleri, mobilya üzerine araştırma ve yeni bulgularla, ilgili birincil ve ikincil emisyonların geçerli durumudur. Bu çalışmada, kapalı ortamlardan kaynaklı tepkime ve reaksiyonlar ile türetilmiş ürünlerin düşük koku eşik veya sağlıkla ilgili özellikleri nedeniyle iç hava kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak, birincil ve ikincil emisyonları ve kimyasal işlemler arkasındaki anlayışın, iç hava kalitesini değerlendirmek için esas olduğu belirtilmiştir.<sup>40</sup>

Nicolas ve arkadaşları tarafından 2007 yılında yapılan çalışmanın amacı, ozon ve yapı ürünleri arasındaki reaksiyonlar, birincil ve ikincil emisyon etkisinin belirlenmesidir. Ortak yapı ürünleri üzerinde ozon reaksiyonları belirlenmiş bir emisyon testi odası yöntemiyle incelenmiştir. Yeni ve kullanılmamış on dört ürün, deneyler sırasında 100-160 app ozon 23 ° C de %50 RH, 48 h bulunmuştur. Farklı test edilmiş ürünlerde ozon kaldırma öncelikle yüzey reaksiyonları ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Gaz-faz reaksiyonları toplam ozon kaldırma için göreceli katkısı %5 ve bağıl nem bağılı olarak çam ahşap plakalar için % 30 arasında olduğu tahmin edilmiştir. Sonuç olarak çam ahşap levhada, azalan ozon ifade hızları ile ozon konsantrasyonları 30-%50 RH artan şekilde ölçülmüştür.<sup>41</sup>

Assefa ve arkadaşlarının 2007 yılında yaptıkları çalışmada binanın çevresel özelliklerinin değerlendirilmesinin sosyal ve doğa bilimlerinin bir kesişimi olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmanın konusu bina özelliklerinin iç ve dış etkilerin değerlendirilmesi, 'EcoEffect' yöntemidir. Yapının iç ortam etkileri ve riski,

---

<sup>39</sup> Charles J. Weschler; Changes in indoor pollutants since the 1950s, Original Research Article Atmospheric Environment, Volume 43, Issue 1, January 2009, Pages 153-169

<sup>40</sup> E. Uhde, T. Salthammer ; Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality—A review of recent advances in indoor chemistry, Original Research Article Atmospheric Environment, Volume 41, Issue 15, May 2007, Pages 3111-3128

<sup>41</sup> Mélanie Nicolas, Olivier Ramalho, François Maupetit; Reactions between ozone and building products: Impact on primary and secondary emissions, Original Research Article Atmospheric Environment, Volume 41, Issue 15, May 2007, Pages 3129-3138

rahatsızlık ve hastalık için risk değerlendirilmesi, özellikleri nedeniyle hem yapının dış hava ortamına hem de iç hava ortamına bağlı olduğu söylenmiştir. Bu risk soru formlarından alınan bilgiler ile hesaplanmıştır. Bina kullanım ömrü boyunca gözlenmiştir. Sonuç olarak bakım maliyetlerini kapsayan yaşam döngüsü maliyeti araçları ve yatırım maliyetleri hesaplanmıştır.<sup>42</sup>

Te-Hsin Yang ve arkadaşları tarafından 2007 yılında yapılan araştırmanın konusu fenol formaldehit reçine ile kaplanmış geri dönüştürülmüş ahşap atıklarından yapılan malzemenin elde edilmesidir. Bu çalışma açık ortamlarda mutfak ve banyo döşeme tabanında ve dış ortamda kullanım amaçlı suya dayanıklı malzeme üretimi için yapılmıştır. Suda çözünen fenol formaldehit (PF) % 4.5, %6,5 ve % 10 çözeltilerinde reçine kullanılmıştır. Sonuç olarak reçine emme içeriği ile formaldehit çözeltisi konsantrasyonu, doğrusal olarak artış göstermiştir.<sup>43</sup>

Koivula, ve arkadaşları tarafından 2005 yılında yapılan çalışmada ısı izolasyonu sebebiyle oluşan emisyonlara dikkat çekilmiştir. Organik ve inorganik izolasyon bazlı emisyon oluşumları hakkında araştırma yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı organik ve inorganik ısı yalıtımının mikrobiyal, kimyasal, fiziksel emisyonlarını incelemektir ve bu amaçla geliştirilmiş çok fonksiyonlu bir aparat geliştirilmiştir. Sonuç olarak ısı yalıtımı için iyi üretilmiş ve kuru bir yerde depolanmış organik elyaf hijyenik riskleri en aza indirmede önemli olduğu belirtilmiştir.<sup>44</sup>

Xiaoqun Mo ve arkadaşları tarafından 2003 yılında yapılan çalışmanın konusu farklı yapıştırıcılar kullanılarak üretilen orta yoğunluklu buğday samanı kontraplağı fiziksel özelliklerinin araştırılmasıdır. Yapıştırıcı olarak, metilen difenil diisocyanate (MDI),

---

<sup>42</sup> G. Assefa, M. Glaumann, T. Malmqvist, B. Kindembe, M. Hult, U. Myhr, O. Eriksson; Environmental assessment of building properties—Where natural and social sciences meet: The case of EcoEffect, Original Research Article Building and Environment, Volume 42, Issue 3, March 2007, Pages 1458-1464

<sup>43</sup> Te-Hsin Yang, Cheng-Jung Lin, Song-Yung Wang, Ming-Jer Tsai; Characteristics of particleboard made from recycled wood-waste chips impregnated with phenol formaldehyde resin, Original Research Article Building and Environment, Volume 42, Issue 1, January 2007, Pages 189-195

<sup>44</sup> Minna Koivula, Hanna-Riitta Kymäläinen, Jari Virta, Hannu Hakkarainen, Tareq Hussein, Jarno Komulainen, Hilka Koponen, Mikko Hautala, Kaarle Hämeri, Pekka Kanerva, Aarne Pehkonen, Anna-Maija Sjöberg; Emissions from thermal insulations—part 2: evaluation of emissions from organic and inorganic insulations, Original Research Article Building and Environment, Volume 40, Issue 6, June 2005, Pages 803-814

üre formaldehit (UF), soya proteini izole (SPI) ve Soya unu (SF) kullanılmıştır. Soya-esaslı yapıştırıcılar UF bazlı reçineler ile karşılaştırma yöntemi sonucunda benzerlik göstermiştir. Bu sebeple UF toksik emisyon önlemek için, yerine soya-esaslı yapıştırıcılar iç ortamlarda inşaat ve mobilya malzemelerinde kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır.<sup>45</sup>

Dewick ve Miozzo tarafından 2002 yılında yapılan çalışmada konu olarak sürdürülebilir teknoloji ve yenilik ile yönetmelik paradoksu anlatılmıştır. Bu çalışmada yenilik ve yönetmelik ve bunların inşaat sektörünün iç piyasada sürdürülebilir teknolojilerin kabulü arasındaki ilişki UK'de incelenmiştir. Sonuç olarak hükümetin girişimleri ile birlikte özel sektörde tutumunda son değişiklikler inşaat sektöründe daha sürdürülebilir bir gündem açmıştır.<sup>46</sup>

Centi ve arkadaşlarının 2002 yılında yaptığı araştırmada, çevresel etkinin önemi son 20 yıl sadece dünya çapında piyasa açısından değil, aynı zamanda bütün çevre alanı içinde de geliştiği ve büyüdüğü belirtilmiştir. Bu çalışmanın konusu yenilikçi "çevre" katalizörler gelişiminin, yeni bir sürdürülebilir endüstriyel kimyasal geliştirme hedefi olmasıdır. Kataliz sektöründeki yeni gelişmeler üzerinde açıklamalarda bulunulmuştur: Sonuç olarak bunların enerji tasarruflu ürünlerde kullanıcı dostu teknolojilerde ve iç hava kirliliğinin azaltılmasında, sürdürülebilir kimya gibi alanlarda olduğu açıklanmıştır.<sup>47</sup>

Cummins ve arkadaşları tarafından 2001 yılında yapılan çalışmanın amacı olarak, inşa edilmiş çevrenin çocuk sağlığı üzerinde olumlu ve olumsuz etkilerini değerlendirilmiştir. Çocuk hekimleri toksik maruziyetin sağlık tehlikeleri hakkında düşünmeye alışık olmasına rağmen, potansiyel "inşa edilmiş çevrenin" yan etkileri için kalitesiz konut ve gelişigüzel arazi kullanımı, ulaşım gibi sorunlara daha az yer vermişlerdir. Sonuç olarak çocuklar için iç ortam hava kalitesi ve bina içi kalitesi;

---

<sup>45</sup> Xiaoqun Mo, Enzhi Cheng, Donghai Wang, X.Susan Sun; Physical properties of medium-density wheat straw particleboard using different adhesives, Original Research Article Industrial Crops and Products, Volume 18, Issue 1, July 2003, Pages 47-53

<sup>46</sup> P. Dewick, M. Miozzo; Sustainable technologies and the innovation–regulation paradox, Original Research Article Futures, Volume 34, Issues 9–10, November–December 2002, Pages 823-840

<sup>47</sup> G Centi, P Ciambelli, S Perathoner, P Russo; Environmental Catalysis: Trends and Outlook, Original Research Article Catalysis Today, Volume 75, Issues 1–4, 3 July 2002, Pages 3-15

yaralanmalar, zehirlenmeler, allerji, astım ve çeşitli hastalıklar, obezite ile ilgili olarak önem taşıdığı belirtilmiştir.<sup>48</sup>

Markert ve arkadaşları tarafından 2000 yılında yapılan çalışmada kimyasal maddelerin oluşumu ve dağılımı ile çeşitli çevresel alanlarda genel bilgiler ve değerlendirmeler verilmiştir. Yazıda inorganik ve organik kimyasalların birlikte kirletici oldukları kabul edilmiştir. Canlılar için kimyasal maddeler ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Çevreye insan tarafından verilen belirli kimyasal maddelerin emisyonları için tipik değerler verilmiştir. Sonuç olarak, iyileştirici ve canlandırıcı önlemlerin gelecek için önemine dikkat çekilmiştir.<sup>49</sup>

Yapılan literatür çalışmasında iç ortam hava kirleticileri konusundaki araştırmaların çeşitliliği dikkati çekmiştir. Araştırmaların farklı yöntemler kullanılarak sonuca ulaşma çabalarının neticesinde pekçok farklı yöntemin geliştirildiğinden söz edilebilir.

---

<sup>48</sup> Susan Kay Cummins, Richard Joseph Jackson; The Built Environment And Children's Health, Original Research Article Pediatric Clinics of North America, Volume 48, Issue 5, 1 October 2001, Pages 1241-1252

<sup>49</sup> Bernd Markert, Gernot Kayser, Siegfried Korhammer, Jörg Oehlmann; Chapter 1 Distribution and effects of trace substances in soils, plants and animals, Original Research Article Trace Metals in the Environment, Volume 4, 2000, Pages 3-31

## **2. İÇ MEKANDA KALİTE KAVRAMI VE KONFOR KOŞULLARI**

İç mekanlar; insanların yaşadıkları, çalıştıkları, dinlendikleri kısaca bir günün yaklaşık %90'ını geçirdikleri kapalı ya da yarı kapalı mekanlardır. Bulduğumuz bu mekanların havasını ise yine kendi faaliyetlerimiz sonucu oluşturduğumuz gaz, toz ve organik buhar emisyonları ile kirletmekteyiz. Öyle ki bazen bina içi hava kalitesi dış ortam hava kalitesi ile kıyaslanamayacak kadar şaşırtıcı oranda kirli olabilmektedir. Bu sebeple iç ortam havasının kontrol edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Gelişen teknolojinin yaşamımıza getirdiği konfor ve kalite yanında, bu gelişmenin doğaya ve çevreye verdiği kirliliğin boyutu her geçen gün hızla artmaktadır. Çeşitli kaynaklardan çıkan radyoaktif, katı, sıvı ve gaz halindeki kirletici maddelerin hava, su ve toprakta yüksek oranda birikmesi çevre kirliliği oluşmasına neden olmaktadır.

İç ortam havasının yeterli derecede olmadığı bir iç mekanın, diğer özellikleriyle ne kadar tatminkar, lüks, zevkli, modern, klasik, çekici, rahat olsa da yaşanabilir olduğu söylenemez. Bu konuda da en büyük sorun şüphesiz iyi iç hava kalitesinin sağlanması konusudur. 20.yüzyılda sıcaklık ve nem gibi değerlerin kontrol edilmesi "konfor" kavramıyla, iç havasının sağlıklı olması ve kontrol edilmesi "kalite" kavramıyla ilgilidir.

## 2.1. KALİTE KAVRAMI

Kalite kavramı çeşitli anlamlarda kullanılmaktadır. Günlük dilde “en iyi, en hoş, en büyük, en pahalı ve en harika” karşılığında kullanılmakta ve genelde “doğru işi doğru yapmak biçiminde” algılanmaktadır.<sup>50</sup> Kalite kavramına çeşitli işlevler yüklenebilir. Kalite kavramı ile ilgili görüşler, (a) psikolojik algılama, (b) süreç odaklı ve (c) ürün ve hizmet odaklı biçiminde üç grupta toplanmaktadır.

Psikolojik algılama ile ilgili kalite ifadesi, kalitenin bir ‘üstünlük’ olduğunu ve kullanıcının değer, gözlem ve algılarına göre değişebileceğini söylemektedir. Süreç odaklı kalite görüşleri, işin yapılması yani üretim sürecindeki çalışmaların kurum ve çalışanların gereksinimlerini karşılama kalite göstergesi şeklinde ele almaktadır. Ürün odaklı kalite ise; çıktılarının müşteri ihtiyaçlarını karşılama düzeyinin kalite ölçütü olduğunu kabul etmektedir.<sup>51</sup> Buna karşılık, günlük yaşamda kalite, performanstan algılamaya değin geniş bir boyut gösterir. Kalitenin boyutları performans, sahip olunan nitelikler, güven, standarda uygunluk, düzenlilik, dayanıklılık, bakım ve onarımda servis güvencesi, estetik ve algılanma şeklinde özetlenmektedir.<sup>52</sup>

Juran’a göre kalite müşteri kabul şartlarına uygunluk ve ücretsiz ürün veya hizmet eksiklikleri açısından tanımlanmaktadır.<sup>53</sup> American Society for Quality, Amerikan Kalite Topluluğu ([www.asq.org](http://www.asq.org)) ve Crosby bu tanımları destekler.<sup>54</sup> Yapı sektöründe kalite; hem tasarımcı, uygulayıcı ve düzenleyici kurumlar hem de bina sahibinin gereksinimlerini tümünü toplu olarak karşılama olarak tanımlanmaktadır. İşlev açısından kaliteli bina projesi, çizimlerin ve teknik özelliklerin anlaşılma kolaylığı,

---

<sup>50</sup> King J, Cichy RF, 2006. Managing for quality in the hospitality industry. Upper Saddle River, New Jersey.

<sup>51</sup> James P 1996. Total quality management: An introductory text. Prentice Hall, London.

<sup>52</sup> Bartol KM, Martin DC, 1998. Management. Irwin Mc Graw Hill, Boston.

<sup>53</sup> Joseph M. Juran, and Frank Gryna Jr., Quality Planning and Analysis: From Product Development Through Use, USA: McGraw-Hill, 1988, s. 1.

<sup>54</sup> Crosby P., Quality is Free: The Art of Making Quality Certain, USA: McGraw-Hill, 1992, Crosby, a.g.e.

uygulama rahatlığı, ekonomik yapımı, kullanım kolaylığı, bakım ve enerji verimliliği, olarak tanımlanmaktadır.

### 2.1.1. İÇ MEKANDA KALİTE KAVRAMI

İç mekan özellikleri ile bir yapının başarısının değerlendirilmesi arasında benzerlik olması gereklidir. Bir yapıda iç mimar, mimar ve mühendislerin sağlamış oldukları başarının en önemli kriteri; sadece estetik düzen ve konfor değildir, mekan kalitesidir. Bu, iç mekanda yaşayacak ve çalışacak insanların fiziki, sosyal ve psikolojik yönden kendilerini rahat, iyi, sağlıklı ve huzurlu hissedebilecekleri sağlıklı, hijyenik ve termik konforlu, bir iç hava ortamında bulunabilmeleridir.

İç hava kalitesi (IAQ) bina hava kalitesini özellikle sağlık ve binanın konforu olarak açıklayan bir terimdir. İç ortam hava kalitesi, iç ortamlarda solunan havanın kişilere ve bölgelere göre ne kadar “iyi” ya da “kötü” olduğunu gösteren bir ölçüttür. Yaşam veya çalışma boyunca iç ortamda doğal olarak var olan ve dolaşan havanın kalitesini ifade eder.<sup>55</sup> İnsanların içinde bulunduğu havadan farklı beklentileri olduğu ve farklı algılamalarından dolayı, iç hava kalitesi için kesin sınırlar çizmek veya tanımlamak zordur. Bundan dolayı, "kabul edilebilir iç hava kalitesi" terimi ortaya çıkmıştır. ASHRAE 62-1989 ve 2001 Standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi “içinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı, bu ortamdaki insanların %80 veya daha fazla oranının, havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği hava” olarak tanımlanmaktadır.<sup>56</sup>

İnsanla iletişim kurabilen mekanlarda, iç mekan kalitesi sorgulanabilir. Mekanın insanla kurduğu iletişimiyle elde edilecek veriler, o mekanı tasarlayana kullanım bilgilerini ileterek geri besleyeceği gibi, konuta ait psiko-sosyal kalitenin de ipuçlarını verecektir. Ancak, pratikte tasarımcı-kullanıcı iletişimi her zaman

---

<sup>55</sup> Bhattacharya, S. ; Centre for Dev. of Adv. Comput., Chennai, India ; Sridevi, S. ; Pitchiah, R. Indoor air quality monitoring using wireless sensor network, Sensing Technology (ICST), 2012 Sixth International Conference on

<sup>56</sup> ASHRAE Standard 62- 2001, “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers”, 2001

yeterince sağlanamamaktadır. Binaları kullanan insanlar arasında yapılan memnuniyet araştırmalarında iç mekan kalitesi ile ilişkili (termal, görsel, akustik çevre ve hava kalitesi) ve yaşama, çalışma alanı ve bina özellikleri boyut, estetik görünümü, mobilya ve temizlik gibi konular ön plana çıkmaktadır.İç mekan kalitesi denince termal, akustik, görsel ve iç ortam hava kalitesi konularındaki standartlar da belirlemektedir. Kapalı ortamlardaki hava kalitesini etkileyen gazlar ve tozlar gibi kirleticilerin konsantrasyonları yetersiz havalandırma, uygun olmayan sıcaklık ve nem durumlarında artarak riskli durumların oluşmasına sebep olmaktadır.

İç Hava kalitesi İndeksi, hki , (AQI) devlet kurumları tarafından kamuoyunu bilgilendirmek amacıyla, havanın kirlilik miktarını belirtmek için kullanılan bir sayıdır. AQI arttıkça, nüfusun daha büyük bir yüzdesinde giderek ciddi olumsuz sağlık etkileri başgösterir. Farklı ülkelerde farklı Ulusal Hava kalitesi standartları için karşılık gelen kendi hava kalitesi endeksi vardır.<sup>57</sup>

Kötü hava kalitesi hastalıklara ve enerji ve üretim kaybına yol açar. İyi iç ortam hava kalitesi öncelikle sağlıklı yaşam alanı için gerekliliktir. Ayrıca daha etkin, verimli çalışma ve yaşama için önemlidir. İç Hava kalitesi etkileyen faktörleri başlıca, içeride bulunan kaynaklardan çıkan kirleticiler ile dış hava ile ortama giren kirleticiler olarak sınıflandırabiliriz.<sup>58</sup>

İç hava kalitesi kavramı, 1980 yılından sonra ortaya çıkmıştır. Konu ile ilgili yurt dışı çalışmalar çok olmasına rağmen, konunun Türkiye’de yeni olmasından ve çok önem verilmemesinden dolayı yapılan çalışmalar sınırlıdır. Buna rağmen ülkemizde iç hava kalitesi ile ilgili değerli çalışmalar da bulunmaktadır. Konutlarda da iç hava kalitesi sakinlerin temel problemlerinden biri olmaktadır. İç hava kalitesinin insanların sağlığı ve verimi ile doğrudan ilişkisi nedeniyle günümüzde önemi artmaktadır. Bu bakımdan temel yaşam alanı olan konutlardaki iç hava kalitesinin durumunun tespit edilmesi son derece önemlidir.

---

<sup>57</sup> World Air Quality Indeks, 20 August 2015

<sup>57</sup> Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA-Environmental Protection Agency),2015



"İç ortam hava kalitesi; dış hava kompozisyonu, iç ortam faaliyetlerinin türüne, iç ortamda bulunan hava hacmine ve kirleticinin üretim veya yayılma hızına bağlı olarak değişmektedir<sup>59</sup>. Dış hava ile temasın az olduğu, yapay havalandırmanın yapıldığı büyük binalarda da iç hava kalitesinin düşük olduğu tespit edilmiştir.<sup>60</sup>

## 2.2. KONFOR KAVRAMI

Türk Dil Kurumuna göre Konfor, günlük hayatı kolaylaştıran maddi rahatlık olarak tanımlanır. Konfor, bilim ve tekniğin sağlandığı olanaklarla incelenmiş bir yaşam biçiminde ulaşılan rahatlıklar olarak da ifade edilir. Bu anlamda, örneğin, bir konutta belli konforların sağlanıp sağlanmadığından söz edilir. Konforun rahatlık kavramına bağlanmış, onun bir türü olarak tanımlanmış olması, bu kavramın öznel değerlendirmelerle ilgisini göstermektedir.

Günlük hayatta kullanılan konforun anlamı genelde maddesel rahatlık, psikolojik değil de fizyolojik rahatlık anlamına gelir. Konfor, bilim ve tekniğin sağlandığı olanaklarla donatılmış bir yaşam biçiminde ulaşılan rahatlıklar olarak da tanımlanır. Bu anlamda, bir konutta, işyerinde genel olarak bir iç ortamda belli konforların sağlanıp sağlanmadığından söz edilir. Konforlu seviyesini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar; sıcaklık, nem, hava akışı, ses düzeyi ve termal radyasyon gibi parametrelerdir.

Bir ortamın genç bir insan topluluğu tarafından konfor algısı, Fänger ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş olan 'Tahmini Ortalama Oy' (PMV) termal duyum ölçeği ile ifade edilmektedir.<sup>61</sup> Bu ölçek; hava sıcaklığı, iç sıcaklığı, hava hızı, bağıl nem, giysi ve aktivite esas alan duyarlılık skalasında geniş bir popülasyonun ortalama değerlerini öngören bir indekstir.<sup>62</sup> PMV indeksi, aktivite (metabolik oran) ve

---

<sup>59</sup> Mentese, S., Gullu, G., "Variations and Sources of Formaldehyde Levels in Residential Indoor Air in Ankara, Turkey", *Indoor and Built Environment*, 15(3), 273-281, 2006.

<sup>60</sup> Li, W.M., Lee, S.C., Chan, L.Y., "Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong", *Sci. Total Environ.*, 273, 27-40, 2001.

<sup>61</sup> Hoof, J.V., "Forty Years of Fanger's Model of Thermal Comfort: Comfort for All", *Indoor Air*, Cilt 18, No 3, 182-201, 2008.

<sup>62</sup> Fanger, P.O., Toftum, J., "Extension of the PMV Model to Non-Air-Conditioned Buildings in Warm Climates", *Energy and Buildings*, Cilt 34, No 6, 533-536, 2002.

giyinme (termal direnç) tahmin edildiğinde belirlenebilir. Öngörülen Memnuniyetsizlik Yüzdesi indeksi (PPD) kendini serin veya ılık ortamda rahatsız hisseden insan sayısını tahmin etmeye yaramaktadır. ASHRAE Standart 55-92'nin ısı konfor kıstasına göre bir mahalin konforlu olarak değerlendirilebilmesi için PPD değerinin % 10'u aşmaması gerekmektedir.<sup>63</sup>

### **2.2.1. İÇ MEKANDA FİZİKSEL ÇEVRE KONFOR KOŞULLARI**

Konforlu iç mekanlar için fiziksel çevre kaynaklı, kritik üç etken; hava kalitesi, sıcaklık ve ses düzeyidir. Doğada bulunan canlıların hepsi kendi aralarında ve buldukları ortamda bir denge içerisinde yaşarlar. Memnuniyetsizlik ise bir bütün olarak vücut için serin veya ılık konforsuzluktan ortaya çıkabilir.

- Termal Konfor
- Görsel Konfor
- Akustik Konfor
- İç Hava Kalitesi

#### **2.2.1.1. Termal Konfor**

Termal konfor, termal çevre ile sağlanan memnuniyeti belirten zihinsel bir süreç olarak tanımlanır ve duyular ile ilgili bir kavramdır.<sup>64</sup> İç ortam sıcaklığı ve nemi, termal konforun en önemli parametrelerindendirler. İnsan ancak belirli sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde kendisini konforlu hisseder. Normalin üzerindeki nemli ve sıcak hava, sıkıntı veren havadır. Düşük nemde ise burun ve ağızda kuruluk olur ve vücut hızla su kaybettiğinden, sık su içme ihtiyacı hisseder. Sıcaklık ve nem birbirinden ayrı düşünülmediği için sıcaklık ve bağıl neme göre konfor bölgeleri, yaz ve kış durumu için belirlenir.

---

<sup>63</sup> Anonymous, 1989. ASHRAE Handbook – Fundamentals, chapter 8. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. 29p.

<sup>64</sup> ASHRAE Standard 55-2004. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American society of heating, refrigerating, and airconditioning engineers; 2004.

Termal çevrenin insan yaşamı, sağlığı, üretimi ve psikolojisi için önemi büyüktür. Özellikle yaşadığımız ve çalıştığımız mekanlar planlanırken bu konuya özen gösterilmelidir. Yaşadığımız toplumsal çevre içinde yaşayan tüm bireyler farklı biyolojik özelliklere sahiptirler ve bu yüzden mekanlardaki termal konfora yönelik planlamaları yapmak da kolay değildir. Sağlık sorunlarını en az indirmek için binaların uluslararası termal konfor standartları olan ISO 7730 ve ASHRAE standartlarına göre düzenlenmesi gerekmektedir. Binalarda bu standartlara uyulmasıyla optimum ısı ve nem sağlayacaktır. Bu şekilde termal konfor oluşacak, insanda zihinsel ve bedensel olarak bir verim artışı gerçekleşebilecektir.

Termal konfor denilince ilk akla gelen konu hava sıcaklığıdır. Hava sıcaklığı önemli bir termal konfor fiziksel parametre göstergesi olsa bile tek başına geçerli bir ölçüt değildir. İnsan ile çevre arasında devamlı olarak ısı alışverişi olmaktadır. Normal şartlarda, insan vücudu iç sıcaklığının 37°C civarında deri yüzey sıcaklığının ise ortalama 31,5-33,5°C aralığında olması gerekir. Deri sıcaklığındaki 1-3 °C sıcaklık değişimi insanı rahatsız etmeyebilir. Deri üzerinde ter yoğunlaşmamalı veya izafi nem %20'yi geçmemelidir. Bu şartları insanın sağlayabilmesi ise az giyimli bir insan için çevrenin 24±3 °C kuru termometre sıcaklığında %50 izafi nemde ve rüzgar hızının <0,2 m/s olması gerekir. Hava sıcaklığı her zaman diğer dış faktörlerle ve kişisel durumlarla birlikte göz önünde bulundurulmalıdır. Termal konforu etkileyen hem çevresel hem de kişisel etkenler vardır. Bu faktörler birbirinden bağımsız olmakla birlikte, bir araya geldiğinde çalışanın termal konforunu belirleyen unsurlardır. Çevresel faktörler; hava sıcaklığı, radyan ısı, hava hızı ve nemdir. Kişisel olarak giyim ve metabolik sıcaklığa da bağlıdır.

Termal Konfor, termal çevreden memnun olma halidir. İç ortamda bulunan birey, ısı için ne sıcak ne de soğuk diyorlarsa, o ideal durumdur. Doğaldır ki iç ortamda farklı bireyler bulunmaktadır ve bu durumda herkes için uygun termal şartların oluşturulması söz konusudur. Standart ISO 7730<sup>65</sup> tahmini memnuniyeti (PMV) ve tahmini memnuniyet yüzdesini (PPD) göstermektedir. Bu durum bir grup kişi için

---

<sup>65</sup> ISO 7730. Moderate thermal environments e determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva:International organization for standardization; 1993.

ortalama hissedilen termal durumu tahmini olarak belirler. Standart dört fiziksel değişken; hava sıcaklığı, ortalama radyan bağıl hava hızı, hava nemi ve sıcaklıkla ilgili iki değişkenli bir fonksiyon olarak insanın aktivite düzeyi ve giyimi termal ortamı tanımlar. Termal şartların değerlendirilmesi için bu yaklaşım insan vücudu ve çevre arasındaki ısı değişimine dayalı iken uyarlamalı bir yaklaşım önerilmiştir. İnsanlar termal çevrelerine davranışsal çevre ayarlamaları ile adapte edilebilirler<sup>66</sup>. Örneğin, giysi ve yalıtım kalitesini değiştirebilirler. Bina kullanıcıları böylece koşullar daha geniş PMV endeksi uygulanarak öngörülen koşullardan daha rahat ederler.

Termal konforu etkileyen değişkenler çevresel değişkenler ve kişisel değişkenler olarak iki grup altında incelenebilir. Çevresel olarak; havanın sıcaklığına, nemine, hızına ve kalitesine bağlıdır. Aktivite hareket ve giyinme seviyesi kişisel değişkenlerdir.<sup>67</sup>

Çıplak 29°C ile 31°C veya giyinik 23-27 °C sıcaklıkları arasındaki bir ortamda bulunan hareketsiz insan, sıcak veya soğuk hissetmediği bir denge sıcaklığındadır ve konforlu hisseder<sup>68</sup>. Bu durumlara göre insanın dinlenme veya düşük aktivite için ortam sıcaklığının kış mevsiminde 20-24 °C, yaz mevsiminde 23-27° C olması kişiyi konforlu hissettirir ve ideal olarak kabul edilebilir İç ortam hava sıcaklığı farklı yüksekliklerde farklılık gösterebileceğinden; ısıtma soğutma sistemlerinin türü, odanın şekli ve boyutları iç ortamı etkiler.<sup>69</sup>

Çin'de yapılan bir araştırmaya göre termal konforun sağlanması için ofis ısısının en az 26°C olması gerektiği saptanmıştır. Başka bir çalışmada, az enerjili serinletme

---

<sup>66</sup> de Dear R, Brager GS. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. ASHRAE Trans 1998;104(1):145e67.

<sup>67</sup> ASHRAE 55P, 2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta.

<sup>68</sup> ASHRAE handbook – Fundamentals, chapter 8 (1993) Physiological principles and thermal comfort, Atlanta.

<sup>69</sup> Yüksel,N. Günümüz Kamu Kurumlarında Yapısal Konfor Koşullarının Tespit Edilmesine Yönelik Bir Çalışma Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı 2, 2005

sisteminin çalıştığı bir ortamda ofis içi ısının termal konfor için ortalama 23 °C ve % 55 nem oranında olması gerektiği saptanmıştır.<sup>70</sup>

Havadaki nem miktarı, insanın derisinden olan buharlaşma ile su ve enerji kaybıdır. Havadaki nem arttıkça konfor bozulur. İnsanlar 20 °C de %30-%80 oranında nemli ortamlarda bulunabilirler. Düşük bağıl nemlerde solunum problemleri oluşmaya başlar.<sup>71</sup> Havadaki nem, insan vücudundan olan ısı kaybının üzerinde üç parametre ile etkilidir. Bunlar; deri boyunca su buharının difüzyonu, deri yüzeyinden terin buharlaşması ve havanın nemidir.<sup>72</sup> Nemli ortamlarda yaşayan insanlarda solunum sistemi hastalıklarının görülme sıklığı yüksektir.

Nemin önemini ortaya koymak üzere 36 hasta, 45 sağlık elemanının katıldığı bir çalışmada, kış mevsimi hastane ortamında %40'tan az orandaki nem oranı katılımcıların %54,9'unda kaşıntı, %73,4'ünde susama hissi yaratmıştır. Bunun da, influenza virüsünün yayılmasına neden olduğu bildirilmektedir. Yine nem oranı düşük ortamlarda ise deriye ait semptomların (kızarıklık, tahriş, kaşıntı) var olduğu gözlemlenmiştir.<sup>73</sup>

2004 yılı ASHRAE Standart-55 kriterlerine göre %30'luk bağıl nem oranında kabul edilen ofis ısıları yaz mevsimi 24,5-28 °C %60 bağıl nemde 23-25,5°C, kış mevsimi ise %30 bağıl nemde 20,5-25,5 °C, %60 bağıl nemde 20-24 °C arasında olmalıdır.<sup>74</sup>

İnsan ve çevre arasındaki ısı alışverişlerini ve dengesini belirleyen faktörlerden birisi de, hava hareketleridir. Havanın hareket hızı arttıkça insanın üşmesi artar. Hava hareketlerinin artması insanın çevresindeki hareketsiz hava tabakasının azalmasına neden olur, bu da üşme hissini oluşturur. Konfor şartlarının sağlanabilmesi için

---

<sup>70</sup> Ashtaque Ahmed Chowdhury, M.G. Rasul M.M.K. Khan. Thermal-comfort analysis and simulation for various low-energy cooling-technologies applied to an office building in a subtropical climate. Applied Energy, In Press, Corrected Proof, Available online 3 December 2007.

<sup>71</sup> Yüksel N. Günümüz Kamu Kurumlarında Yapısal Konfor KoçuUarının Tespit edilmesine Yönelik Bir Çalışma, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2005,10(2), 21-30.

<sup>72</sup> Höppe, P. ve Martinac, I. (1998) Indoor climate and air quality. *Int J. Biometeorol*, 42:1-7.

<sup>73</sup> Maroni, M., Seifert, B., Lindwall, T., Indoor Air Quality A Comprehensive Reference Book, Elsevier, 1995.

<sup>74</sup> ASHRAE Standard 55-2004. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American society of heating, refrigerating, and airconditioning engineers; 2004.

hava hızı ortalama 0,05 m/s olarak önerilmektedir<sup>75</sup>. Hava hızlarının artması halinde iç ortam, esintili ve rahatsız edici olabilmektedir. Düşük hava hızlarında ise ortamdaki havanın hareketi azaldığından ortamdaki bireyler için havasız bir ortam oluşur. Vücut yüzey sıcaklığı büyük olduğunda yüksek hava hızlarının ısı kaybını arttırdığı ve termal konforu olumsuz etkilediği bilinmektedir.<sup>76</sup>

Hava hızının 0,15 - 0,20 m/s seviyelerinin üzerinde olduğu yerlerde türbülans derecesine bağlı olarak şikayetler artmaktadır. Tasarım sırasında dikkat edilecek en önemli unsurlardan biri havayı düşük hava hızlarında ve homojen olarak odaya sevk etmektedir. Düşük üfleme ve oda sıcaklıklarında yüksek hava hareketleri, özellikle oturan insanlar üzerinde çok olumsuz etkide bulunur.<sup>77</sup>

Hava kalitesini belirleyen birçok faktör vardır. Örneğin dış ortamda yani cadde ve sokaklarda kirlilik göstergesi ozon fazlayken iç ortam havasında yani evler, işyerleri ve okullarda karbondioksit ve formaldehit fazladır. Nemli hava; vücudun enerji ve su dengesi, esnekliği, hava kalitesinin algılanması, elektrostatik yüklenme ve küf oluşumundan sorumludur.<sup>78</sup>

Höppe ve Martinac 1998'de çalışmalarında, insanı etkileyen faktörlerin etkileri, iç ortam havası ve hava kalitesi üzerine üzerine, optimal konfor ve hava kalite şartlarını belirlemek amaçlarıyla çalışma yapmışlardır.<sup>79</sup>

### 2.2.1.2. Görsel Konfor

Görsel konfor; görsel algılamının eksiksiz bir biçimde yerine getirilmesi ve insanda rahatsızlık uyandırmaması olarak tanımlanmaktadır.<sup>80</sup> Bir başka deyişle görsel

<sup>75</sup> Höppe, P. ve Martinac, I. (1998) Indoor climate and air quality. *Int J. Biometeorol*, 42:1-7.

<sup>76</sup> Yiğit, A. ve Horuz, İ. (1995) Hava hızı ve hareketlerinin ısı konfor şartlarına etkisi, *10. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Ankara, 603-612.

<sup>77</sup> Yüksel Köksal, Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi

<sup>78</sup> Hoppe P, Martinac I. Indoor Climate and Air Quality. Review of Current and Future Topics in The Field of" ISB Study Group 10. *J Biometeorol*. 1998, 42(1): 1-7.

<sup>79</sup> Hoppe P, Martinac I. Indoor climate and air quality, *Int J. Biometeorol*, 1998; 42,1-71.

<sup>80</sup> Ekinci C.E., Işıksolu, Y., DEMİRCİ, H., OZAN, S.S., GÖÇ, N., AYDIN, K., "Yapı Biyolojisi, Bölüm I: Yapı Biyolojisi Ve Fiziği", DPT Avrupa Birliği Eğitim Ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı (Ulusal Ajans) TR/04/F/PL3-008 Nolu Ve Yapı Biyolojisi Konu Başlıklı Projesi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları; 2005.

algılamanın rahatsız edici ya da uzun sürede yorucu olmamasıdır. Tanımı konforu psikolojik boyutta göstermesine rağmen, konfor, görsel ortamın tanımlanmış fiziksel özelliklerinin objektif bir şekilde değerlendirilmesi için kullanılmaktadır.

Konutlarda ya da herhangi bir yerde görsel konforun sağlanması, ya da görme ile görsel algılama ile ilgili herhangi bir konunun çözümü, aydınlatma tekniği alanına girer. Aydınlatma tekniğinde “iyi görme” belli ölçütlere bağlanarak tanımlanmıştır.<sup>81</sup> Bu ölçütler şöylece sıralanmaktadır:

Görülmesi öngörülen en ufak parçaları ve ayrıntıları kolayca görebilmek; yüzey biçimlerini, iki ve üç boyutlu dokuları doğru algılayabilmek, devingenliği, doğrultu, yön, hız, ivme vb. tüm özellikleri ile doğru algılayabilmek; renkleri doğru görebilmek ve en ufak renk ayrımlarını da algılayabilmek; görsel algılamayı, zorlanmadan, rahat bir biçimde uzun süre sürdürebilmektir.

Uluslararası Aydınlatma Komisyonunca da benimsenmiş olan aydınlatma kavramı nesnelerin ve çevrenin gereği gibi görülebilmesini sağlamak amacı ile ışık uygulamak olarak tanımlanmaktadır. Gün ışığının yeterli olmadığı durumlarda suni aydınlatma yolu ile gerekli aydınlatma sağlanmaktadır.

### 2.2.1.3. Akustik Konfor

İşitsel konfor; sesin nereden geldiğinin işitsel olarak algılanamaması ve işitsel rahatsızlıkların giderilerek kişinin işitsel konforunun sağlanmasıdır.<sup>82</sup> Kapalı mekanlardaki işitsel konfor, mekanda ses ve ses olaylarının rahatsızlık verecek düzeyde olmaması ile sağlanmaktadır.<sup>83</sup>

İşitsel konforun sağlanmasında dış ortamlardan kaynaklanan seslerin iç ortama girmesinin engellenmesi önemlidir. Dış ortam kaynaklı gürültüden etkilenilmemesinin en basit çözümü yapı yerini gürültü kaynağından etkilenmeyecek şekilde seçilmesidir. Eğer bu yapılamıyorsa, gürültüyü önleyen peyzaj

---

<sup>81</sup> Prof. Şazi SİREL Mart 1996, Konutlarda Görsel Konfor

<sup>82</sup> Sirel, Ş., “Yapı Fiziği Konuları II” Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Yayınları, 2004.

<sup>83</sup> Ekinci C.E., Işıksolu, Y., DEMİRCİ, H., OZAN, S.S., GÜÇ, N., AYDIN, K., “Yapı Biyolojisi, Bölüm I: Yapı Biyolojisi Ve Fiziği”, DPT Avrupa Birliği Eğitim Ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı (Ulusal Ajans) TR/04/F/PL3-008 Nolu Ve Yapı Biyolojisi Konu Başlıklı Projesi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları; 2005.

düzenlemelerine ve mekân organizasyonunda gürültü yönünde tampon bölgeler oluşturma yoluna gidilebilir. Kaplama malzemeleri ise mekânda oluşan sesleri yansıtmemalı ve sesin içeride yankı yapmasına izin vermemelidir.

Akustik konfor, yaygın olarak, rahatsızlık veren bir akustik ortam oluşumunu önleme ile ilişkili olarak kullanılmaktadır. Çevre sesinin kalitesi, çeşitli fiziksel parametrelere; sesin ve odanın fiziksel özelliklerine bağlıdır. Akustik ortam ses izolasyon, emme ve yankı gibi fiziksel oda özelliklerinden etkilenmektedir. Ortamdaki ses düzeyi 50 desibeli aştığında konfor açısından önemli bir sorun çıkmaktadır. Bu nedenle mekanları kullanım amaçlarına uygun olacak işitsel konfor standartlarına ulaştırmak amacı ile ses yalıtımı yapılır.

#### 2.2.1.4. İç Hava Kalitesi

ASHRAE 62-1989 ve 2001 (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning) Standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi “içinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı, bu ortamdaki insanların %80 veya daha fazla oranının, havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği hava” olarak tanımlanmaktadır.<sup>84</sup> ASHRAE 62–1989 standardı, iç ortam için gerekli dış hava miktarını 25 m<sup>3</sup>/saat-kişi olarak; Healty Building-2000 toplantısında ise iç ortam için gerekli dış hava ihtiyacının alt sınırının 36 m<sup>3</sup>/saat (10 lt/saniye) olarak belirtilmiştir. Baz oranlar arttıkça, iç hava kalitesinden yakınmalar azalmaktadır.<sup>85</sup>

Gary J.RAW(İngiltere Güvenlik, Sağlık ve Çevre Merkezi Yöneticisi), 2001 yılındaki Building Research Establishment, Watford United Kingdom toplantısında,“Gerçek bu ki, ciğerlerimize giren havanın %90’nını kapalı ortamlarda soluyoruz. Çoğu kez, kapalı ortamların havası açık ortamlara göre 10 kat daha kirli olabiliyor” diyerek durumun ciddiyetini belirtmiştir.

---

<sup>84</sup> ASHRAE Standard 62- 2001, “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers”, 2001

<sup>85</sup> ASHRAE 2004. ASHRAE Standard 62.1–2004. Ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta, GA, USA.



İç hava kalitesi üzerine yapılan çalışmalar; insanların maruz kaldığı hava kirleticilerin seviyesi, iç havada izin verilen seviyeden 2 ila 5 kat daha fazla ve bazen de dış havanın kirlilik seviyesinden 100 kattan daha fazla kirli olduğunu göstermiştir.<sup>86</sup> İç ortam havasının kötü olması, hastalıkların oluşmasına ve üretkenlik kaybına yol açabilir. İç ortam havasının iyi olması ise sağlıklı bir yaşam ve iyi bir çalışma ortamı sağlar. Bu tarz konutlarda veya iş yerlerinde yaşayanlar daha istekli, mutlu, daha etkin ve katılımcı olabilirler.

İç ortam havası; konut, işyeri ve okul gibi binalar içinde yer alan hava olarak ifade edilebilir.<sup>87</sup> İç ortam hava kirliliği ise kapalı ve yarı kapalı ortamlarda sağlığa zararlı solunabilir maddelerin görülmesidir. Bu solunabilir maddeler maddenin üç halinde, toz, gaz, buhar şeklinde gözlenebilir. Bu maddelerin konsantrasyon miktarı ve çeşitliliği ortamın karakteristiğine, mevcut malzemelere ve içinde yaşayan bireylerin davranış biçimlerine göre farklılık göstermektedir.

Konfor iç hava kalitesi ile ilgili olarak sıklıkla kullanılmaz. Koku ve duyuusal tahriş nedeniyle oluşan problem ile ilgilidir. Sonuç olarak iç hava kalitesi gereksinimleri sağlayan standartları, memnun olan minimum yüzde ile sağlayan bölüm tanımlar. Bunlar çoğunlukla rahatsızlık durumu ve sıkıntılı kişiler baz alınarak belirlenir. 21. yüzyılda standartlar yaşayan insanların gereksinimleri ile bağlantılıdır.

---

<sup>86</sup> İzzet Yüksek, Esmâ Mihlayınlar ,Tülay Esin Tıkansak, 12. Ulusal Tesifat Mühendisliği Kongresi – 2015, Konut Kullanıcılarının İç Ortam Konfor Koşullarından Memnuniyetlerinin Tespitine Yönelik bir Çalışma

<sup>87</sup> Alyüz, B., V.Sevil “İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlık Üzerine Etkileri”, Trakya University Journal of Science, 7(2), (2006) s: 109–116,

### 3. İÇ MEKANDA HAVA KALİTESİ

Şehir insanı zamanının çoğunluğunu kapalı mekanlarda ve toplu taşıma araçları gibi kalabalık ortamlarda geçirmektedir. Bu kapalı ortamlardaki havanın kalitesi, içinde yaşayan insanların sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.<sup>88</sup> Konutlar endüstriyel olmayan işyerleri, okul, hastane, özel ve resmi binaların içindeki hava “iç ortam havası” olarak ifade edilmektedir.

İç hava kalitesi; iç ortamlarda solunan havanın ne kadar “iyi” ya da “kötü” olduğunu gösteren bir ölçüttür.<sup>89</sup> 21.yüzyılda, özellikle kentlerde iç ortamların havası açık ortamlara göre daha kirli olabilmektedir.<sup>90</sup> İç ortamların hava kalitesini binaların yapısı, üretim ya da yaşam alışkanlıkları gibi etkenler etkileyebilmektedir. Kapalı ortamlardaki havanın kalitesi, içinde yaşayan insanların sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.<sup>91</sup>

İç ortamlarda insan sağlığını olumsuz etkileyebilen karbondioksit, karbon monoksit, kükürt dioksit, nitrojen oksitler, formaldehit, sigara dumanı, radon, partiküller,

---

<sup>88</sup> WHO (World Health Organization), 2011. Methods for monitoring indoor air quality in schools. , Copenhagen, 32 pp.

<sup>89</sup> Ayla Açıkgöz 1, Burak Baykara 2, Nazan Uysal 3, Bir Üniversitedeki Adölesan Ve Erişkinlerde Hasta Bina Sendromu Belirtilerinin CO2 İle İlişkisinin İncelenmesi, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2013

<sup>89</sup> Stellman, J. M., 1998. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. International Labour Office, Geneva, pp. 44.2-44.26 and 45.2-45.23.

<sup>90</sup> Stellman, J. M., 1998. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. International Labour Office, Geneva, pp. 44.2-44.26 and 45.2-45.23.

<sup>91</sup> WHO (World Health Organization), 2011. Methods For Monitoring Indoor Air Quality In Schools. , Copenhagen, 32 Pp.

kurşun, uçucu organik bileşikler, çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi etkenlerin görülmesi “iç ortam hava kirliliği” olarak tanımlanmaktadır.<sup>92</sup>

“Kötü iç hava kalitesi”, hastalığa ve üretim kaybına yol açabilmektedir. “İyi iç hava kalitesi” ise sağlıklı bir yaşam, üretken, rahat bir çalışma ve öğrenme ortamı oluşturmak için gereklidir.<sup>93</sup> Kötü hava kalitesi hastalıklara ve enerji ve üretim kaybına yol açar. İyi iç ortam hava kalitesi öncelikle sağlıklı yaşam alanı için gerekliliktir. Ayrıca daha etkin, verimli çalışma ve yaşama için önemlidir.

Özellikle iş yerlerindeki kapalı ortamlarda çalışan ya da vakit geçiren kişilerde ise daha ciddi şikayet ve rahatsızlıklara rastlanmaktadır. Bu tip şikayetlere neden olan kapalı ortamlar yani bina içi mekanlar, hasta binalar ve buralardan kaynaklanan sorunlar ise hasta bina sendromları olarak tanımlanmaktadır. Kapalı ortamlardaki hava kalitesini etkileyen gazlar ve tozlar gibi kirleticilerin konsantrasyonları yetersiz havalandırma, uygun olmayan sıcaklık ve nem durumlarında artarak riskli durumların oluşmasına katkı sağlamaktadırlar.

İç ortam hava kalitesi, iç ortam havasının temizliği ile ilgili olup karmaşık bir yapıya sahiptir. İç hava kalitesi havadaki, insanın rahatlık ve sağlığını etkileyen termal olmayan tüm noktaları kapsar.<sup>94</sup> İnsanların içinde bulunduğu havadan farklı beklentileri olduğu ve farklı algılamalarından dolayı, iç hava kalitesi için kesin sınırlar oluşturmak veya tanımlamak zordur. Bundan dolayı, "kabul edilebilir iç hava kalitesi" terimi ortaya çıkmıştır. ASHRAE 62-1989 ve 2001 Standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi " İçinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde

---

<sup>92</sup> Quinn, P., Arnold, D.T., 2012. Illinois Department of Public Health Guidelines for Indoor Air Quality, [http://www.idph.state.il.us/envhealth/factsheets/indoorairqualityguide\\_fs.htm](http://www.idph.state.il.us/envhealth/factsheets/indoorairqualityguide_fs.htm), erişim:Mayıs 2011.

<sup>93</sup> Fanger, P.O., 2006. What is IAQ? Indoor Air 16, 328–334. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2 (2013) 21–27

<sup>94</sup>Schramek, E., 1999, Recknagel-Sprenger Schramek- Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı, TTMD, Ankara.

bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranın havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır” olarak açıklanmaktadır. ASHRAE'nin 1999 yılında çıkardığı “kabul edilebilir iç hava kalitesi için havalandırma sistemi” adlı en son standardında, iç hava kalitesi tarifi şu şekilde yapılmaktadır: ‘Mevcut yasalara göre içinde zararlı madde oranı azami değerleri aşmamış kirletici maddeleri ihtiva eden ve bu havayı soluyan insanların en az %80'inin memnuniyetsizlik hissetmedikleri hava kalitesidir.'

İç hava kalitesi kavramı, 1980 yılından sonra ortaya çıkmıştır. Konu ile ilgili yurt dışı çalışmalar çok olmasına rağmen, Türkiye’de yeni olmasından dolayı yapılan çalışmalar sınırlıdır. Konutlarda da iç hava kalitesi sakinlerin temel problemlerinden biri olmaktadır. Bu bakımdan temel yaşam alanı olan konutlardaki iç hava kalitesinin durumunun tespit edilmesi son derece önemlidir.

### **3.1. İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR**

Endüstriyel bir çok işlem sonucunda toz, partikül, duman, sis, buhar, gaz veya bunların karışımı şeklinde havayı kirleten maddeler ortaya çıkarak yakın çevrelerini ve atmosferi kirletirler.<sup>95</sup> Bu kirleticilerin hem üretim sahası içinde yayılmalarını önlemek ve hem de zehirli konsantrasyon seviyelerinin artmasına engel olmak için, bu kirleticiler kaynaklarında kontrol altına alınmalıdırlar.

Dış ortamdaki havada, genel olarak ve çeşitli miktarlarda bitki tozları, erozyon sonucu ortaya çıkan tozlar, bakteri, çeşitli ölü veya canlı mikro organizmalar ve yağmur, kar, yeryüzü sularından buharlaşma sonucu oluşan tanecikler bulunmaktadır. Multidisipliner çalışmalar sonucu bina içi hava kalitesinin insan sağlığına zarar verecek gazlar ve partiküllerle kirlendiği gözlenmiştir.<sup>96</sup> Bu tanecikler pencere, kapı, havalandırma sistemi ve filtrasyon ile iç mekanlara girebilmektedir. İç ortamda havasında ayrıca ortamda bulunan yapı malzemelerinden, eşyalardan ve

---

<sup>95</sup> ASHRAE Temel El Kitabı (FUNDAMENTALS) “Havada Bulunan Kirletici Maddeler”, TTMD yayını, 1997

<sup>96</sup> İzzet Yüksek, Esmâ Mihlayanlar, Tülay Esin Tıkansak, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 2015 Bina Fiziği Sempozyumu Bildirisi, Konut Kullanıcılarının İç Ortam Konfor Koşullarından Memnuniyetlerinin Tespitine Yönelik Bir Çalışma

insanlardan çıkan partiküller, sigara dumanı, radon gazı, uçucu organik birleşikler ile formaldehit gibi kirleticiler de bulunabilmektedirler.

İç ortam havasındaki bu kirleticilerin görülme oranı; yapının özelliklerine, yapımında kullanılan malzemeye, ısıtma sistemine, havalandırma durumuna, içinde yapılan işe (konut, işyeri, üretim yeri vb. olması), içinde yaşayan kişilerin davranış biçimlerine (tütün kullanma gibi) bağlıdır. Kapalı ortam hava kirliliği yapının iç koşullarına bağlı olabileceği gibi; dış koşulların etkisi ile de oluşabilir. Özellikle yanma sonucu oluşan kirleticiler ve radon dış ortamdan iç ortama pencere, kapı, klima ile girebilir.<sup>97</sup> İç mekanlarda havanın zararlı madde yoğunluğu, aşağıdaki sebeplere bağlıdır:

- İç mekana sızan dış kaynaklı unsurlar,
- Kullanıcılar tarafından oluşturulan kirleticiler: Sigara dumanı vs.
- İç Mekan yüzeyleri ve iç donatıların emisyonundan kaynaklanan kirlenmeler: Formaldehit, yapı malzemeleri, tekstil ürünleri, bilgisayar, TV, gibi elektronik aletler.

İç mekanlarda kirletici yoğunluğunun türü ve niceliği zaman ve mekana bağlı değişimler gösterir. Bunun sebebi aşağıdaki değişkenlere bağlıdır:

- Mekan içi iklim, mikroklima,
- Yapı malzemesi ve iç donatı emisyonunun türü,
- İç mekanda yaşayanların cinsi ve sayısı,
- Mekanda bulunan pencere, kapı, bölücüler gibi öğelerin hava yalıtımı veya mekanik havalandırma sistemleri şeklinde kontrol edilebilir havalandırmaların bulunması.

Zamanın büyük çoğunluğu iç mekanlarda geçirildiği için, bu ortamların hava kalitesi de en az dış ortam hava kalitesi kadar önemlidir. Bir yandan iç mimari malzemelerinde ve inşaat teknolojisindeki gelişmeler, yapı malzemesi olarak sentetik

---

<sup>97</sup> Ezzati M. Indoor Air Pollution And Health İn Developing Countries. The Lancet. 2005; 366, 94480; 104.

materyallerin kullanımı binaları ve iç mekanları estetik, konforlu ve yalıtımlı hale getirirken, iç ortam hava kalitesini bozmaktadır.

### 3.1.1. HAVA SICAKLIĞI VE BAĞIL NEM

Hava sıcaklığı insan vücudunu çevreleyen havanın sıcaklığıdır. Santigrat (°C) veya Fahrenheit (°F) olarak ifade edilir. ASHRAE iç ortamlar için en uygun sıcaklığın 20–23 °C ve bağıl nem oranının ise %30–60 arasında olması gerektiğini bildirmektedir.<sup>98</sup>

Alman DIN 1946' ya göre verilen termik konfor şartlarına göre sıcaklıklar 20-26 °C arasında, bağıl nemde %30 - %65 arasında olabilmektedir. Mutlak nem değeri ise max. 11,5 gr/kg hava olarak sınırlandırılmıştır.<sup>99</sup>

Allerjik hastalıklarla iç ortam nem ve sıcaklık koşulları arasında ilişki olduğu yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur.<sup>100</sup>

Hava hızı ortamda hareket eden havayı belirtir ve eğer hava hızı ortamdaki serinlikten daha serin ise çalışanın serinlemesine yardımcı olur. Hava hızı, termal konfor için önemli bir etkidir, çünkü insanlar hava hızına karşı oldukça duyarlıdır. Kapalı ortamlarda yapay olarak soğutulmuş durgun hava, insanların havasız hissetmesine sebep olabilir. Aynı zamanda bu durum havada bir kokuya sebep olabilir. Sıcak ve nemli ortamlarda hareket eden hava, konveksiyon yöntemiyle vücuttaki ısı kaybını hızlandırabilir. Serin ortamlardaki hava hareketleri ise cereyan etkisi yaratır. Hava sıcaklığı, deri sıcaklığından düşükse, ısı kaybında gözle görülür hareketlilik yaşanır. Fiziksel aktivite de hava hareketini etkiler, dolayısıyla hareketli işler yapılan ortamlarda hava hızı bu durum göz önünde bulundurularak ayarlanmalıdır.

Radyan ısı sıcak bir nesneden yayılan (ışyan) ısıdır ve ortamda ısı kaynağı varsa mevcuttur. Bu ısı, vücudumuzu çevre ile yapılan ısı alışverişinde, hava sıcaklığına göre daha fazla etkiler. Vücudumuz neredeyse siyah ve mat bir nesnenin soğurduğu

---

<sup>98</sup> ASHRAE, Standard 62- 2001- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001.

<sup>99</sup> İzzet Yüksek, Esmâ Mihlâyanlar, Tülay Esin Tıkansak, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 2015 Bina Fiziği Sempozyumu Bildirisi, Konut Kullanıcılarının İç Ortam Konfor Koşullarından Memnuniyetlerinin Tespitine Yönelik Bir Çalışma

<sup>100</sup> Goksel, O., Celik, GE, Erkeköl, FO, Gullu, E., Mungan, D., Mısırlıgil, Z., 2009. Triggers in adult asthma: are patients aware of triggers and doing right? *Allergologia et Immunopathologia* 37, 122-128.

ısı kadar radyan ısı soğurur. Ancak bu durum yansıtıcı giysiler giyerek azaltılabilir. Radyan ısı kaynaklarına örnek olarak, güneş, ateş, elektrik yangını, ocak, buharlı makineler, kurutucular, sıcak yüzeyler, bilgisayar, televizyon verilebilir.

Su kaynatıldığı zaman oluşan su bu buharı, havayla karıştığı zaman havadaki nemi oluşturur. Nem oranı havadaki hem miktarının, havanın içinde bulunabilecek maksimum nem miktarına oranıdır ve barometre ile ölçülür.%40 ile %70 nem oranı termal konfor'a fazla etki etmez. Birçok ofiste bilgisayar kullanımı nedeniyle nem oranı bu aralıkta tutulur. Ancak iklimlendirme sistemi bulunmayan çalışma alanlarında veya mevsimsel hava durumunun iç mekanları etkilediği ortamlarda nem oranı %70'ten fazla olabilir. İç mekanlardaki nemi arttıran en büyük etken, içeride kurutma işlemi yapılmasıdır. Nemli ortamlarda havada yüksek oranda su buharı vardır, bu da derideki terin buharlaşmasını engeller. Sıcak ortamlarda nem çok önemlidir çünkü eğer nem oranının %80'den fazla ise ter buharlaşmaz. Terin buharlaşması insanlardaki ana ısı düşürme mekanizmasıdır.Buhar geçirmez kişisel koruyucu donanımlar kullanıldığı zaman, giysinin içindeki nem artar çünkü çalışan teri buharlaşmaz.

### **3.1.2. DIŞ ORTAM KAYNAKLI KİRLETİCİLER**

Dış ortamdaki havada, değişik büyüklük ve miktarlarda olmak üzere, bitki tozları, erozyon sonucu ortaya çıkan tozlar, virüs ve bakteriler, çeşitli ölü veya canlı mikroorganizmalar ve sulardan buharlaşma sonucu çıkan maddeler bulunmaktadır<sup>101</sup>.

Bunları Y. Köksal 2001'de aşağıdaki şekilde gruplandırmıştır:

- Tanecik veya gaz,
- Mikroskobik altı, mikroskobik veya makroskopik,
- Görülebilir veya görülemez,
- Organik veya inorganik,
- Zehirli veya zehirsiz,

---

<sup>101</sup> ASRAE Temel El Kitabı (FUNDAMENTALS) "Havada Bulunan Kirletici Maddeler", TTMD yayını,1997

- Kararlı veya kararsız.

Bu kirleticileri ayrıca buldukları fazlarına ve oluşum yöntemlerine göre katı, sıvı veya gaz olarak sınıflandırabiliriz.

- Katı: Tozlar, buhar içeren dumanlar ve katı maddelerden oluşan dumanlar,
- Sıvı: Sisler, sis ve sıvı maddelerden oluşan dumanlar,
- Buhar: Buharlar ve gazlar.<sup>102</sup>

İç ortamlarda ve klima tesisatı elemanları üzerinde üreyen ve yayılan mikroorganizmalar tehlike kaynağını teşkil ederler. Klima sistemlerine dışardan alınacak taze hava da dış kirleticiler yönünden bir standarda bağlı olmalıdır.

Endüstriyel bir çok işleme toz, duman, sis, buhar, gaz ve bunların karışımı şeklinde hava kirleticileri ortaya çıkarak çevrelerini kirletirler. Bu kirleticilerin yayılmalarını önlemek ve konsantrasyonunun artmasına engel olmak için, kaynaklarında kontrol altına alınmalıdırlar.

### 3.1.3. İÇ ORTAM HAVA KİRLETİCİLERİ

İç mekânlardaki hava kirleticileri gazlar, biyoaerosollar ve partiküller olarak üç grup altında toplanabilir. İç mekânlarda bulunan başlıca gazlar olarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO), azot dioksit (NO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), formaldehit, uçucu organik bileşikler (UOB) ve radondur. Biyoaerosollar ise allerjenler, mantar sporları, bakteriler, virüsler ve çok halkalı aromatik hidrokarbonlardır (PAH). Ayrıca dış ortamda bulunan hava kirleticileri de doğal havalandırma, infiltrasyon veya havalandırma cihazları vasıtasıyla iç mekânlara girebilmektedirler. Partiküller ise kurum gibi bazı parçacıklar çapı 10 mikrondan küçük tozlar fazla olursa sağlık problemlerine yol açmaktadır. İç ortam hava kirleticileri ve emisyon kaynakları **Çizelge 3.1.** 'de detaylı olarak gösterilmiştir.

---

<sup>102</sup> Yüksel Köksal, Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 2001, İzmir



**Çizelge 3.1. İç Ortam Hava Kirleticileri ve Emisyon Kaynakları<sup>103</sup>**

<b>Kirletici</b>	<b>Emisyon Kaynağı</b>
<b>Gazlar</b>	
CO <sub>2</sub>	Yanma işlemleri, garaj eksozu, sigara dumanı
CO	Yanma işlemleri (ısıtıcılar, sobalar, şömine), garaj eksozu, sigara dumanı
NO <sub>2</sub>	Yanma işlemleri, garaj eksozu, sigara dumanı
O <sub>3</sub>	Fotokopi makinesi, yazıcı
SO <sub>2</sub>	Gaz sobaları
Formaldehit	Ahşap mobilyalar, halılar, duvar ve tavan boya ları, izolasyon malzemeleri, reçineler, yapıştırıcılar, laminant parkeler, döşemelikler, dezenfektanlar
UOB	Mobilyalar, halılar, vernikler, çözücüler, oda parfümleri, deterjanlar, yapıştırıcılar, yanma işlemleri, boyalar, yer ve duvar kaplamaları, laminant parkeler, kuru temizleme ile temizlenen elbiseler, böcek ilaçları

<sup>103</sup> Jacobson, M.Z., Atmospheric Pollution, History, Science and Regulation, Cambridge University Press, 2002. Jones, A.P., Indoor air quality and health, Atmospheric Environment, 33, 4535-4564, 1999. Çobanoğlu, N., Kiper, N., Bina içi solunan havada tehlikeler, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 49,71-75, 2006.

Radon	Topraktan difüzyon yolu ile
<i>Biyoaerosollar</i>	
Allerjenler	Ev tozları, evcil hayvanlar, böcekler, polenler
Mantar sporları	Bitkiler, gıda maddeleri
Bakteriler, virüsler	İnsanlar, evcil hayvanlar, bitkiler, havalandırma cihazları
PAH	Yanma işlemleri, sigara dumanı
<i>Partiküller</i>	Partiküller ise yakım atıkları, spreylere, hav bırakan halılar, tavan panelleri, yalıtım malzemeleri, dokulu tekstiller ile yazıcı ve fotokopi makineleri

**Çizelge 3.2.** İç Ortamlarda Bulunan Bazı Kirleticilerin Kaynakları, Mümkün Olan Konsantrasyonları ve İç/Dış Konsantrasyon Oranları <sup>104</sup>

<sup>104</sup> Yüksel Köksal, Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi, V. Ulusal Tesilat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 2005, İzmir.

Kirletici	İç kirletici kaynakları	Mümkün olan iç konsantrasyon	İç/dış konsantrasyon oranı	Yeri
Karbon monoksit	Yakma cihazları, motorlar, hatalı ısıtma sistemleri	100 mg/kg	>>1	Araba yarış pistleri, ofisler, evler, arabalar, dükkanlar
Tanecikler	Sobalar, şömineler, sigaralar, buharların yoğunlaşması, aerosol spreyler, pişirme	100 ila 500 µg/m <sup>3</sup>	>>1	Evler, ofisler, arabalar, kamu görevleri, barlar, lokantalar
Organik buharlar	Yanma, soventler, reçine imalatı, tanecikler, aerosol spreyler	-	>1	Evler, lokantalar, kamu görevleri, ofisler, hastaneler
Azot dioksit	Yanma, gaz sobaları, su ısıtıcıları, kurutucular, sigaralar, motorlar	200 ila 1000 µg/m <sup>3</sup>	>>1	Evler, araba yarış pistleri
Kükürt dioksit	Isıtma sistemleri	20 µg/m <sup>3</sup>	<1	Sistem içinde
Dumansız toplam uçucu parçacıklar	Yanma, ısıtma sistemi	100 µg/m <sup>3</sup>	1	Evler, ofisler, nakil vasıtaları, lokantalar
Sülfat	Kliritler, gaz sobaları	5 µg/m <sup>3</sup>	<1	Sistem içinde
Formaldehit	Yalıtım, ürün bağlayıcıları, sunta	0,05 ila 1,0 µg/kg	>1	Evler, ofisler
Radon ve türevleri	İnşaat malzemeleri, yer suları, toprak	0,1 ila 200 nCi/m <sup>3</sup>	>>1	Evler, binalar
Amyant	Yanmaz malzeme	<10 <sup>6</sup> lif/m <sup>3</sup>	1	Evler, okullar, ofisler
Mineral ve sentetik lifler	Kumaş, halı, duvar malzemeleri	-	-	Evler, okullar, ofisler
Karbon dioksit	Yanma, insanlar, evcil hayvanlar	3000 mg/kg	>>1	Evler, okullar, ofisler
Canlı organizmalar	İnsanlar, evcil hayvanlar, kemirgen hayvanlar, böcekler, bitkiler, mantarlar, nemlendiriciler, iklimlendirme cihazları	-	>1	Evler, hastaneler, okullar, ofisler, kamu binaları
Ozon	Elektrik arklı	20 µg/kg	<1	Uçaklar

### 3.1.3.1. Partikül Madde

Partikül madde, insanların nefes almakla içine alabileceği kadar küçük olan geniş bir aralıkta havada bulunan maddeciklerdir. Partikül maddelerin fiziksel yapısı ve kimyasal kompozisyonu insan sağlığında önemlidir. Partiküller, tozlar, dumanlar, sis, dumanlı sis, virüs, bakteri, mantar ve polenleri içeren bioaerosoller, kaba, ince, görünebilir, görünemez ve solunabilir olarak sınıflandırılmaktadırlar.<sup>105</sup>

İç ortam havasında bulunan partikül maddelere maruz kalma öksürük ve hırıltı gibi solunum sorunlarına sebep olabilir. İnsan sağlığı ile ilgili partiküller çapı 10 µm 'den daha küçük, özellikle 2.5 µm 'den küçük olanlar solunabilir partiküller olarak bilinirler. İnce partiküller, akciğerin iç kısımlarına kadar ilerleye bildiklerinden, insan sağlığına büyük tehdittirler.<sup>106</sup>

Solunan havada bulunan partiküllerin çoğu gözle görülmeyebilir. Partiküller katı veya sıvı olabilirler. Normal bir insan saatte 0,5 m<sup>3</sup> havayı teneffüs eder, çalışan bir insan ise saatte 8-9 m<sup>3</sup> havayı solur. Hava virüslere, bakterilere ve zararlı partikül kirleticileri taşıyabilmektedir.<sup>107</sup> Dolayısıyla, iç ortam havasında bulunan partikül maddelere maruz kalma sağlık problemlerine sebep olabilmektedir.

İç mekan partikül konsantrasyonları iç ve dış kirlilikten ortaya çıktığı kabul edilmektedir.

Her iki kaynak, hava değişim oranı, dış hava kirliliği, iç ortamdaki aktivite tipi ve partikülün çapı gibi birçok değişkene bağlıdır.<sup>108</sup> İç ortam partikül madde konsantrasyonları, iç ortam kirletici kaynakları, havalandırma ve partikül boyut

---

<sup>105</sup> ASHRAE, 2003, ASHRAE HandbookCD, 2001 Fundamentals, Chapter 12: Air Contaminants, Atlanta,USA.

<sup>106</sup> Hüsamettin Bulut, Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesinin Araştırılması

<sup>107</sup> Korkmaz, A., 2007, Hastane iklimlendirme sistemlerinde filtre seçimi ve filtrenin önemi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 98, 27-30.

<sup>108</sup>

Branis, M., Rezacova, P., Domasova, M., 2005, The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM10, PM2.5, and PM1 in a classroom, Environmental Research, 99, 143-149.

dağılımı, yapı malzemeleri, insan davranışları ve aktiviteleri, gibi bir çok faktörden etkilenmektedir.<sup>109</sup>

H.Bulut, 'Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesini' araştırırken sonuç, sigara içilen odaların daha kirli havaya sahip olduklarını göstermektedir. PM miktarları açısından dış ortamın, iç ortama göre daha temiz olduğu görülmektedir.<sup>110</sup>

Kanser yapıcı organik kimyasallar (PAH, dioksin, furan gibi) içeren partikül maddeler sağlık açısından çok tehlikelidir. Birçok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler akciğerdeki nemle birleşerek aside dönüşmektedir. Partikül maddelerin sağlık üzerine etkileri akutten daha çok kroniktir.

Baltimore kent merkezinde yaşayan 100 astımlı çocuğun evlerinde yapılan çalışmada da; evlerdeki partikül madde konsantrasyonlarının çok yüksek olduğunu göstermiştir<sup>111</sup>. Branis ve arkadaşlarınca 2001 yılında Prag'da bir üniversitenin dershanelerinde yapılan çalışmada çalışma saatleri boyunca havalandırma sistemine rağmen partikül madde konsantrasyonu özellikle dış ortam hava kirliliğinin de arttığı dönemlerde dış ortam konsantrasyonlarından da yüksek bulunmuştur.<sup>112</sup>

### 3.1.3.2. Karbondioksit CO2 Miktarı

İnsanlar solunumla oksijen alıp karbondioksit verirler Normal bir iş ile uğraşan bir insan saate 20 litre (0.02 m<sup>3</sup>) CO2 üretir<sup>113</sup>. Bu yüzden iç ortamda havalandırma yapılmazsa insan sayısı artıkça, CO2 miktarı artar. İç hava kalitesi için 1000 ppm CO2 konsantrasyonu temel kabul edilmektedir.<sup>114</sup>

---

109 Li, Y, Chen, Z., 2003, A Balance-Point Method For Assessing The Effect Of Natural Ventilation On Indoor Particle Concentrations, Atmospheric Environment, 37, 4277-4285.

110 Hüsamettin Bulut, Havalandırma Ve İç Hava Kalitesi Açısından CO2 Miktarının Analizi, 2012

111 Breyse PN, Buckley TJ, Williams D, Beck CM, Jo SJ, Merriman B, Et Al. Indoor Exposures To Air Pollutants And Allergens In The Homes Of Asthmatic Children In Inner-City Baltimore. Environmental Research. 2005; 98: 167-176.

112 Branis M, Rezecova P, Domasova M. The Effect Of Outdoor Air And Indoor Human Activity On Mass Concentrations Of PM10, PM2.5 And PM1 In A Classroom. Environmental Research. 2005; 99: 143-149.

113 Schramek, E., 1999, Recknagel-Sprenger Schramek- Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı, TTMD

<sup>114</sup> ASHRAE, 1989, Standard 62- 1989- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.

CO<sub>2</sub> zehirli bir gaz değildir fakat oksijensizlikten boğma tehlikesi ortaya çıkarabilir. CO<sub>2</sub> iç hava kalitesini kontrol etmek için önerilen önemli bir iç hava kirleticisidir. Normalde atmosfer havasının hacimsel olarak %0.03'ü CO<sub>2</sub>'dir. Dış ortam havasında bulunan CO<sub>2</sub>, çevre özelliklerine göre 330 ile 500 ppm arasındadır. Dolayısıyla iç ortamda CO<sub>2</sub>' in olmaması mümkün değildir. Eğer CO<sub>2</sub> miktarı bu seviyeden düşük ise iç ortamdaki hava, kabul edilebilir iç hava kalitesindedir. 1000 ppm CO<sub>2</sub> miktarı, Pettenkofer sayısı olarak da bilinmektedir.<sup>115</sup> Kabul edilebilir iç hava kalitesi oluşturmak için CO<sub>2</sub> sensörleri havalandırma sistemleri ile kullanılarak, gerekli temiz dış hava iç ortama sevk edilmektedir.

Karbon monoksitin oksijen taşıma kapasitesini azaltması sonucunda kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperleri, beyin ve kalp gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozuklukları meydana gelmektedir. Konsantrasyon değeri 35000 ppm sonrası, nefes alamama sorunu olur. Daha yüksek konsantrasyonlarda oksijen azlığından dolayı merkezi sinir sistemi görevini yapamamaya başlar.<sup>116</sup>

Ofis binaları ve okullar gibi endüstriyel olmayan çevrelerde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu sakinlerin yoğunluğu, havalandırmanın dağıtılma şekline ve oturulan ortama dışardan sağlanan dış hava miktarına bağlı olarak 400 ile 1500 ppm arasında ölçülmesi beklenir.

### 3.1.3.3. Uçucu Organik Bileşikler (UOB-VOCs)

Yapısında en az bir karbon ve hidrojen atomu içeren kimyasal bileşikler organik bileşiklerdir. Uçucu organik bileşikler, yarı uçucu organik bileşikler ve uçucu olmayan organik bileşikler olmak üzere üç ana grupta incelenmektedirler. Düşük kaynama noktaları nedeniyle iç ortam havasında buhar halinde bulunmaktadırlar.

Uçucu Organik Bileşikler (UOB) ve çok uçucu organik bileşikler (kaynama noktası <0 °C-100 °C)'den katı organik bileşiklere (kaynama noktası >380 °C) kadar çok

---

<sup>115</sup> Schramek, E., 1999, Recknagel-Sprenger Schramek- Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı, TTMD

<sup>116</sup> ASHRAE, 2003, ASHRAE HandbookCD, 2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health, Atlanta, USA.

geniş bir bileşik grubunu kapsamaktadır. Benzen ve tuluen gibi aromatik hidrokarbonlar, alkoller, boya ve yapıştırıcılar, tiner, klorlu hidrokarbonlar gibi endüstriyel olmayan yerlerde tespit edilen ve alınan hava numunelerinde normalde bulunan 50-300' e kadar değişik çeşitli madde vardır. İç ortam ve dış ortam havasında gözlenen ve hava kalitesi açısından UOB olarak adlandırılan grup genellikle bazı parafinler ve benzen, naftaline kadar olan bileşikler (kaynama noktası <260 °C) kapsamaktadır.<sup>117</sup>

**Çizelge 3.3.** Bazı Organik Bileşiklerin Kaynama Noktaları ve Buhar Basıncı<sup>118</sup>  
(ATSDR, 1997)

Uçucu Organik Bileşik	Kaynama Noktası Sıcaklığı (oC)	Buhar Basıncı (mm Hg)
Benzen	80.1	95.2 (25 °C)
Toluen	111	22 (20 °C )
Kloroform	62	160 (20 °C)
o-ksilen	144	7(20 °C)
1,1,1, Trikloroetan	74.1	10 (20 °C)
1,2,4- Trimetilbenzen	169	2.03 (25 °C )
p-ksilen	138	9 (20 °C)
Undekan	196	0.28 (20 °C)
1,3,5 Trimetilbenzen	165	1.86 (20 °C)
Etilbenzen	136	10 (20 °C )
Stiren	145	5 (20 °C )
Karbon tetra klorür	76.8	91.3 (20 °C)
Dikloro benzen	174	10 (55 °C )
p-dikloro-benzen	174	10 (55 °C )
Metil klorür	39.8	350 (20 °C )
Etilen dibromür	131.5	11.0 (25 °C)

İç ortam havasında sıkça rastlanan uçucu organik karbonlar ve kaynakları Çizelge 3.4.'de özetlenmektedir.

<sup>117</sup> WHO, "Indoor air quality: organic pollutants," EURO Reports and Studies NO. 111, World Health Organization, Copenhagen, 1989.

<sup>118</sup> ATSDR (Agency for Toxic Substances and Registry). U.S. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Service, Atlanta, GA. 1997.

**Çizelge 3.4. İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşiklerin Kaynakları** <sup>119</sup>

Kaynaklar	Tipik kirleticiler
Ticari ürünler	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, dallanmış alkanlar, aromatik hidrokarbonlar (toluen, ksilen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (metil klorür), alkoller, ketonlar (aseton, metil etil keton), aldehydler (formaldehit), esterler (glikoleterler), terpenler (limonen, alfa-pinen)
Boyalar	Alifatik hidrokarbonlar (n-hekzan, n-heptan), aromatik hidrokarbonlar (toluen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (metil klorür, propilen diklorür), alkoller, ketonlar (metil etil keton), esterler (etil asetat), eterler (metil eter, etil eter, butil eter)
Yapıştırıcı malzemeler	Alifatik hidrokarbonlar (hekzan, heptan), aromatik hidrokarbonlar, halojenlenmiş hidrokarbonlar, alkoller, aminler, ketonlar (aseton, metil etil keton), esterler (vinil asetat)
Döşeme ve kumaşlar	Aromatik hidrokarbonlar (stiren, bromlaşmış aromatikler), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehydler (formaldehit), eterler, esterler.
Yapı malzemeleri	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, n-dodekan, aromatik hidrokarbonlar (toluen, etil benzen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehydler (formaldehit), ketonlar (aseton), eterler, esterler.

Tablodaki gibi organik kimyasallar; boya, vernik, yapıştırıcı ve inşaat malzemelerinin yapısında bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarla bu malzeme ve ürünlerin kullanıldığı binalarda uçucu organik bileşikleri bulunduğu ortaya konmuştur.<sup>120</sup> Ayrıca ofis ortamlarında kullanılan yazıcılar ve fotokopi makineleri, iç ortam havası için önemli UOB kaynağıdır.<sup>121</sup> Yapılan araştırmalarda, fotokopi çekme anında havaya ozon gazıyla birlikte pek çok uçucu organik bileşiğin yayıldığı

<sup>119</sup> Maroni M, Seifert B, Lindvall T. Indoor Air Quality –A Comprehensive Reference Book. Elsevier, Amsterdam, 1995.

<sup>120</sup> Guo H, Murray F, Wilkinson S. Evaluation Of Total Volatile Organic Compound Emissions From Adhesives Based On Chamber Tests. Journal Of The Air And Waste Management Association. 50:199-206, 2000.

<sup>121</sup> Lee Sc, Lam S, Fat Hk. Characterization Of Uobs, Ozone, And Pm10 Emissions From Office Equipment In An Environmental Chamber. Build. Environ. 36:837-842, 2001.



belirlenmiştir.<sup>122</sup> Fotokopi işlemleri sırasında yaklaşık 60 farklı UOB türü oluşmaktadır.<sup>123</sup>

İç ortamlarda UOB'lerin diğer kaynağı trafiğe sahip dış ortamlardır. Trafikğin yoğun olduğu bölgelerde bulunan evlerde ölçülen benzen konsantrasyonları (7.7 µg m-3), trafikğin az olduğu bölgelerdeki evlere göre (5.7 µg m-3) daha yüksektir.<sup>124</sup> Uçucu organik karbon bileşiklerinin iç ortamlardaki konsantrasyonları dış ortamdaki seviyeden yaklaşık beş kat fazlasıdır <sup>125</sup>. İç ortam havasında yapılan incelemelerde sonuç olarak 350'den fazla uçucu organik bileşiğin konsantrasyonları 1 ppm'in üzerinde bulunmuştur. <sup>126</sup> Yapılan diğer bir çalışmada ise iç ortamda ölçülen pek çok UOB konsantrasyonu 5 µg m-3 değerinin altında bulunmuştur.<sup>127</sup>

UOB yönünden iç ortam hava kirliliğinin en önemli kaynakları; insan aktiviteleri, bina malzemelerinden oluşan emisyonlar ve dış ortamdan iç ortam havasına bir şekilde giren hava olarak sıralanabilmektedir. Yeni veya tadilat yapılmış binalarda UOB'lerin bina malzemelerinden kaynaklanan birincil emisyonu bir süre boyunca en yüksek seviyelerde yayılmakta ve aylar sonra mevcut seviyeleri düşmeye başlamaktadırlar. Bina malzemelerinin kimyasal (örn. ozon, tamirat, nem) veya fiziksel (örn. ısı ve UV ışınları) dekompozisyon ile eskimesi neticesinde bina malzemelerinden ikincil emisyonlar belirli bir süre boyunca veya bazen sürekli olarak salınmaktadır.<sup>128</sup> Ülkemizde iç ortamlarda resmi olarak yasaklanmasına rağmen, tüketildiği gözlenen sigara ve tütün mamülleri, UOB'ler de dahil olmak

---

<sup>122</sup> Brown Sk. Assessment Of Pollutant Emissions From Dry Process Photocopiers. Indoor Air. 9:259-267, 1999.

<sup>123</sup> Wolkoff P, Wilkins Ck, Clausen Pa, Larse K. Comparison Of Volatile Organic Compounds From Processed Paper And Toners From Office Copiers And Printers: Methods, Emission Rates, And Modeled Concentrations. Indoor Air.3:113-123, 1993.

<sup>124</sup> Fischer Ph, Hoek G,Reeuwijk Hv, Briggs Dj, Lebert E,Wijnen Jh, Kingham S, Elliott Pe. Traffic Related Differences In Outdoor And Indoor Concentrations Of Particles And Volatile Organic Compunds In Amsterdam. Atmospheric Environment. 34: 3713-3722, 2000.

<sup>125</sup> Wallace La. Personal Exposure To 25 Volatile Organic Compounds, Toxicology And Industrial Health. 7: 203-208, 1991a

<sup>126</sup> Brooks Bo, Utter Gm, Debroy Ja, Sckimke Rd. Indoor Air Pollution: An Edifice Complex. Clinical Toxicology. 29(3):315-374, 1991.

<sup>127</sup> Brown Sk, Sım Mr, Abramson Nj, Gray Cn. Concentrations Of Volatile Organic Compounds In Indoor Air- A Review. Indoor Air. 4:123-134, 1994.

<sup>128</sup> Mentşe, S., 2013. İkincil Organik Aerosollerin İç Ortamlarda Oluşma Mekanizması. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2013, İzmir.

üzere birçok hava kirleticisinin kaynağı olarak gösterilmektedir.<sup>129</sup> İç ortamlarda rastlanan uçucu organik bileşiklerinin tipik konsantrasyonları Çizelge 3.5.'te özetlenmiştir.

**Çizelge 3.5.** İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşiklerin Ortalama Konsantrasyonları (IEH, 1996; ACGIH 1994)<sup>130</sup>

Kirletici	Konsantrasyon (mg m-3)	Sınır Değer (mg m-3) (ACGIH-TWA)
Benzen	0.002-0.03	1.6
Toluen	0.03-0.25	160
n-Dekan	0.003-0.09	-
Limonen	0.002-0.07	167
o-ksilen	0.003-0.01	434
1,1,1, Trikloro e an	.002-0.02	55
1,2,4 Trimetilbenzen	0.005-0.02	125
m- ve -p ksilen	0.01-0.04	434
Undekan	0.003-0.025	-
1,3,5 Trimetilbenzen	0.002-0.005	123

UOB'lerin büyük kısmının yapımdan sonra gaz haline geçmesinden dolayı konsantrasyonları yeni yapılmış binalarda daha yüksektir. Yüksek miktarlar zamanla hızla azalmaktadır. Bina iç ve dış inşasında çalışanlar yüksek dozlardaki uçucu organik bileşiklere maruz kalmaktadırlar.<sup>131</sup> Yapı malzemelerinden kaynaklanan

<sup>129</sup> Pekey, H., Arslanbas, D., 2008. The relationship between indoor, outdoor and personal VOC concentrations in homes, offices and schools in the metropolitan region of Kocaeli, Turkey. Water Air and Soil Pollution 191, 113-129.

<sup>130</sup>Bilge Alyüz, Sevil Veli, İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler Ve Sağlık Üzerine Etkileri, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, 2006

<sup>131</sup> Wieslander G, Norback D, Bjornsson E, Janson C, Boman G. Asthma And The Indoor Environment: The Significance Of Emission Of Formaldehyde And Volatile Organic Compounds From Newly Painted Indoor Surfaces. International Archives Of Occupational And Environmental Health. 69(2): 115-124, 1997.

UOB maruziyetini en aza indirmek için iç ortam sıcaklığının 17-28°C aralığında tutulması önerilmektedir. Doğal olarak havalandırma oranı arttıkça iç ortamdaki UOB konsantrasyonları düşmektedir.<sup>132</sup>

**Çizelge 3.6.**Türkiye’de Gerçekleştirilmiş Farklı Türdeki İç Ortamlarda Ölçülen UOB Düzeyleri (Mg M-3) Ortam <sup>133</sup>

	Benzen	Toluen	Etilbenzen	m/p-Ksilen	o-Ksilen	Kaynaklar
Ev	13.06 (Kış) 8.88 (Yaz)	72.44 (Kış) 44.19 (Yaz)	16.90 (Kış) 13.07 (Yaz)	27.46(Kış) 12.3 (Yaz)	16.24(Kış) 5.73 (Yaz)	Pekey ve Arslanbas, 2008
Ofis	15.09 (Kış) 11.95(Yaz)	19.96(Kış) 53.98(Yaz)	19.75 (Kış) 11.13 (Yaz)	13.43 (Kış) 14.37 (Yaz)	9.75(Kış) 10.80 (Yaz)	Pekey ve Arslanbas, 2008
Okul	19.77 (Kış) 7.50 (Yaz)	77.77 (Kış) 55.05 (Yaz)	8.81(Kış) 11.11 (Yaz)	20.19(Kış) 9.55 (Yaz)	10.02(Kış) 5.88 (Yaz)	Pekey ve Arslanbas, 2008
Okul Iskenderun	2.55	11.55	1.61	1.05		Scheepers vd,2010
Okul Payas	9.98	11.28	<0.02	<0.07		Scheepers, vd, 2010

132 Wıglusz R, Sıtko Elzbieta, Nıkel G, Jarnuszkiewicz I, Igielska B. The Effect Of Temperature On The Emission Of Formaldehyde And Volatile Organic Compounds (Uobs) From Laminate Flooring-A Case Study. Building And Environment. 37:41-44, 2002.

<sup>133</sup> Gülen Güllü, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye’de İç Ortam Hava Kirliliği Çalışmaları, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2013

Ev	8.5 (Kış) 1.5 (Yaz)	32.9 (Kış) 3.7 (Yaz)	4.7 (Kış) <LOD (Yaz)	7.6 (Kış) <LOD (Yaz)	Mentese 2012	vd.,
Anaokul	4.2 (Kış) 1.9 (Yaz)	19.9 (Kış) 5.4 (Yaz)	7.1(Kış) 2.6 (Yaz)	6.7(Kış) <LOD (Yaz)	Mentese 2012	vd.,
Ofis	5.3 (Kış) 1.5 (Yaz)	13.7 (Kış) 6.6 (Yaz)	11.8 (Kış) 1.6 (Yaz)	6.00 (Kış) 2.2 (Yaz)	Mentese 2012	vd.,
Ev	1.14 (Yaz)	32.91 (Yaz)	3.21 (Yaz)	6.84 (Yaz)	5.12 (Yaz)	Lakestani vd., 2013

#### 3.1.3.4. Formaldehit

Formaldehit uçucu bir bileşik olmasına rağmen, UOB analizlerinde yaygın olarak kullanılan gaz kromatografisi yöntemleri ile tayin edilememektedir ve bu sebeple ayrı olarak incelenmektedir<sup>134</sup>. Formaldehit, hidrojen, karbon ve oksijen atomlarından oluşmaktadır ve **CH<sub>2</sub>O** kimyasal formülüdür. En yaygın bulunan aldehittir ve zehirlidir. Molar ağırlığı 30,026 g/mol'dür. Diğer bir adı da metanaldir. Kaynama noktası -15,-21 °C Erime noktası ise -29 °C'dir.

Formaldehit teknik olarak metanolün 600derece °C'de gümüş veya bakır kontaklarda hava oksijeni aracılığı ile dehidre edilmesiyle elde edilir. Oda sıcaklığında keskin kokulu, renksiz bir gazdır. Sulu çözeltisi hidrat halinde, şıra kıvamında berraktır. Formaldehitin normal gaz halindedir. %37 sulu çözelti oluşturularak depolama, taşıma ve ticareti yapılır; bu çözeltiliye formalin denir. Formaldehitin yoğunluğu 0.8153 g/cm<sup>3</sup>tür. Formalinden, düşük basınç altında su buharlaşıp, ayrıldığı zaman, paraformaldehit ortaya çıkar. Bu bir polimerdir. Formülü ise HOxH olan beyaz katı bir maddedir. Isıtıldığında ise gaz formaldehide dönüşür. Saf formaldehitten, polimer ürünler elde edilebildiği gibi, fenol ve kazein ile de sentetik reçine ve plastikler imal

<sup>134</sup> Maroni M, Seifert B, Lindvall T. Indoor Air Quality –A Comprehensive Reference Book. Elsevier, Amsterdam, 1995.

edilir. Doğal olarak ahşapta 100 gr'da 1mg'dan az içerir ve motorlu araç, kazan, gazlı fırın ve odun ateşinden oluşan yanıcı gazlarda bulunur.

Formaldehidin başlıca kaynakları, kontraplaklar, reçineler, yapıştırıcılar, parke vernikleri, bazı sentetik halılar, buruşmaz ev tekstili; perde, koltuk döşeme ve bazı zemin temizleme ürünleridir.<sup>135</sup> Mobilyacılıkta kullanılan malzemelerde sıkça rastlanmasından dolayı, formaldehit iç mekanlarda fazla bulunan bir maddedir. Zemin kaplamada laminant parkeler, iç ortamlarda hem uçucu organik bileşikler hem de formaldehit için önemli bir emisyon kaynağı olarak değerlendirilmektedirler<sup>136</sup>. Ahşap kaplamaların çift veya çok katlı panellere, sunta, MDF gibi levhalara, sıcak veya yüksek frekans presleri ile uygulanmasında kullanılır. Bu malzemelerde bağlayıcı olarak üre formaldehit, melamin formaldehit, fenol formaldehit vb. tutkallar kullanılmakta ve bu tutkallarla üretilmiş panel ve levha ürünlerinden formaldehitin açığa çıkması söz konusu olmaktadır.

Yapay Formaldehit kaynaklarını azaltmak mümkün olabilir, ancak tamamen yok etmek zordur. Açığa çıkan serbest formaldehit, sağlığı tehdit ettiğinden, bazı sınırlamaları da zorunlu halde göstermektedir.

Bazı laminat zemin kaplamalarda ve yalıtkan üre-formaldehit köpüklerde ve sigara dumanında da formaldehit bulunur. Formaldehit, binaların dış izolasyonunda kullanılan UFFI (üre formaldehit köpük) ticari isimli malzemenin yapısında da kullanılır. Günümüzde UFFI sağlık üzerindeki olumsuz etkileri nedeni ile daha az kullanılmaktadır.<sup>137</sup>

İç mekan havasında formaldehit kaynağı, çok reaktif ve çok ucuz olan formol esaslı sıcaklıkla sertleşen bir tutkal içeren yonga levhalar ve diğer orman ürünleridir. 2002'den itibaren E1 standartına göre, 100 gr malzemede formaldehit miktarı  $\leq 8$ mg

---

<sup>135</sup> Hines Al, Ghosh Tk, Loyalka Sk, Warder Rc. Indoor Air- Quality And Control. Pretince-Hall, Englewood Cliffs, 1993.

<sup>136</sup> Gustaffson H, Jonsson B. Trade Standarts For Testing Chemical Emission From Building Materials: Part I: Measurement Of Flooring Materials. Proceedins Of Indoor Air. 93 (2): 437-442, 1993.

<sup>137</sup> Gülen Güllü, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye'de İç Ortam Hava Kirliliği Çalışmaları, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2013

olmalıdır; böylece açığa çıkma değeri  $\leq 0,124$  mg/m<sup>3</sup> havadır.<sup>138</sup> Büyük imalatçıların birçoğu bugün E1 sınıfı ürün sunmaktadır.

Yapılan araştırmalar, iç ortam sıcaklığının bu maddelere temas seviyesinde önemli bir etken olduğunu göstermiştir. Sıcaklığın 23°C'den 40°C'ye yükselmesiyle formaldehit maruziyet faktörünün 5.2 kat arttığı gözlemlenmiştir.<sup>139</sup>

Sigara dumanı, iç ortamdaki formaldehit konsantrasyonunu artıran önemli faktördür.<sup>140</sup> Bu durum Evcı ve arkadaşları 2005 yılında, Ankara'da yapılan bir çalışmada 46 kahvehanede formaldehit konsantrasyonu ölçülmüş ve sigara dumanının formaldehit konsantrasyonuna olan etkisi incelenmiştir<sup>141</sup>. Ölçülen değerin yüksekliği, sigara dumanının yoğunluğundan kaynaklanmaktadır. Çalışma sonucunda kahvehanelerdeki ortalama formaldehit konsantrasyonu 26,75 µg m<sup>-3</sup> olarak bulunmuştur. Bu kapalı ortam için izin verilen sınır değerlerin üstündedir. Aynı çalışma; kahvehanelerin ısınma tipi ile formaldehit düzeyi arasında bir ilişki olduğunu; sıvı yakıt kullanan kahvehanelerde formaldehit düzeylerinin daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Vaizoğlu ve arkadaşlarının dediğine göre Türkiye'de konuyla ilgili yapılan diğer bir araştırmada, Ankara'da 25 evden toplanan 309 iç ortam hava örneğinde formaldehit seviyeleri araştırılmıştır.<sup>142</sup> Yapılan araştırmada, iç ortam formaldehit konsantrasyonunun geniş bir aralıkta (6,5-540 µg m<sup>-3</sup>) değiştiği ortaya konmuştur. İncelenen örneklerde, sigara içilen evlerdeki formaldehit konsantrasyonunun daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca evin yaşı, iç ortamın sıcaklığı, bağıl nem, ahşap eşyaların yoğunluğunun da formaldehit konsantrasyonu üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

---

<sup>138</sup> Maronı M, Seifert B, Lindvall T. Indoor Air Quality –A Comprehensive Reference Book. Elsevier, Amsterdam, 1995.

<sup>139</sup> Myers Ge. The Effect Of Temperature And Humidity Of Formaldehyde Emission From Uf-Bonded Boards: A Literature Critique. Forests Products Journal. 35:20-31, 1985.

<sup>140</sup> Mentese S., Gullu, G., 2006. Variations And Sources Of Formaldehyde Levels İn Residential Indoor Air İn Ankara, Turkey. Indoor And Built Environment 15,273-281.

<sup>141</sup> Evcı, D., Vaizoğlu, S.A., Özdemir, M., Aycan, S., Güler,Ç., 2005. Ankara'da 46 Kahvehanede Formaldehit Düzeylerinin Belirlenmesi. Tsk Koruyucu Hekimlik Bülteni 4, 129-135.

<sup>142</sup> Mentese S. Gullu, G., 2006. Variations And Sources Of Formaldehyde Levels İn Residential Indoor Air İn Ankara, Turkey. Indoor And Built Environment 15,273-281.

Ankara’da 100 adet mobilya imalathanesinde formaldehit seviyesinin ölçüldüğü bir araştırmada iç ortam konsantrasyonlarının oldukça düşük düzeylerde 0,02- 2,22 ppm (0,025- 2,73  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) arasında değiştiği gözlenmiştir.<sup>143</sup>

Kanada’nın Quebec kentinde 2005 yılında Ocak-Nisan arasında 96 konutta Gilbert ve arkadaşlarınca yapılan bir çalışma yeni ahşap mobilyalarla döşenmiş ve sigara içilen konutlarda formaldehit konsantrasyonunun yükseldiğini; sonrasında doğru yapılan havalandırma sayesinde bu seviyelerin düştüğünü göstermiştir. Aynı çalışma ısınma da gaz ve fuel-oil kullanılan konutlarda nitrojen dioksit konsantrasyonunun yüksek olduğu; dış ortam havasında da nitrojen dioksit konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle; iç ortam havasındaki nitrojen dioksit konsantrasyonunu istenilen seviyelere indirmenin ancak özel filtreli havalandırma sistemleri ile mümkün olduğunu göstermiştir.<sup>144</sup>

Japonya’nın Nagoya kentinde 37, İsveç’in Uppsala kentinde 27 konutta Sakai ve Norback ile arkadaşlarınca dış ve iç ortam havasında formaldehit, nitrojen dioksit ve uçucu organik bileşikler değerlendirilmiştir. Sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçta, Nagoya kentinin dış ortam havasında ve bu kentte çalışmanın yürütüldüğü konutların iç ortam havasında formaldehit, nitrojen dioksit ve uçucu organik bileşik konsantrasyonları Uppsala’dan yüksek olduğu anlaşılmıştır. Çalışmanın görülen diğer bir sonucu da her iki kentte de kapalı ortam havasının dış ortam havasından daha kirli olmasıdır. Her iki kentte de formaldehit ve uçucu organik bileşikler on yıldan daha yeni olan ve sigara içilen evlerde daha yüksek bulunmuştur. Nitrojen dioksit konsantrasyonlarının ise ısınma sistemlerinden de etkilendiği anlaşılmıştır.<sup>145</sup>

---

<sup>143</sup> Vaizoğlu, S.A., Aycan, S., Akin, L., Koçdor, P., Pamukçu, G., Muhsinoğlu, O., Özer, F., Evcı, D., Güler, Ç., 2005. Determination Of Formaldehyde Levels In 100 Furniture Workshops In Ankara. The Tohoku Journal Of Experimental Medicine 207, 157-163.

<sup>144</sup> Gilbert NL, Gauvin D, Guay M, Heroux ME, Dupuis G, Legris M, et al. Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada. Environmental Research. 2006;102: 1-8.

<sup>145</sup> Sakai K, Norback D, Mi Y, Shibata E, Ka mijima M, Yamada T, et al. A comparison of indoor air pollutants in Japan and Sweden: formaldehyde, nitrogen dioxide and chlorinated volatile organic compounds. Environmental Research. 2004; 94: 75-85.

Clarisse ve arkadaşlarınca Paris'te yatak odası, oturma odası ve mutfak bölümleri bulunan 61 konutta yapılan araştırmada aldehit konsantrasyonlarına bakılmıştır. Formaldehit konsantrasyonu yüksek bulunmuştur. Yeni yapılmış yer ve duvar kaplamalarının, sigara içilmesinin, karbon dioksit konsantrasyonunun ve ısının yükselmesinin olumsuz etkilediği bu çalışmada gösterilmiştir.<sup>146</sup>

Formaldehit uygun fiyatından ve kuvvetli dezenfektan özelliğinden dolayı değişik sektörlerde çok kullanılan bir kimyasaldır; kullanım alanının genişliği ile birçok sektöre hitap etmektedir. Formaldehit, tıp laboratuvarlarda dezenfektan, koruyucu olarak, bazı ilaçların üretiminde, büyükbaş hayvan ve balık çiftliklerinde mikrop kırıcı, bazı tarım çiftliklerinde (mantar çiftliklerinde) bakteri üremesini engellemek için, fenol formaldehit reçinel er köpük yalıtımı malzemelerinin yapımında, sunta ve kontraplak üretiminde, tekstil ürünlerinin işlenmesinde ayrıca, formaldehit üre, fenol ve melamin reçinelerinin yapımı gibi çok sayıda alanda kullanılır. Tehlikeli bir kimyasal olduğundan miktarı için önemli çalışmalar yapılmıştır. Mekanların dezenfektasyonunda, konservasyon ve anatomik preparatların sertleştirmesinde kullanılır. Bir formaldehit türevi olan bakalitin, 1905 yılında flaman kimyacı Leo Hendric Daekeland tarafından bulunması plastik çağın başlamasına neden olmuştur.

### **3.2. HAVA KİRLETİCİLERİNİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ**

Dış ortamdaki havadaki maddeler pencere, kapı, havalandırma sistemi ve entfiltrasyon ile iç mekanlara girebilmektedir. İç ortamda havasında ayrıca ortamda bulunan yapı malzemelerinden, eşyalardan ve insanlardan çıkan tanecikler, sigara dumanı, radon gazı, uçucu organik birleşikler ile formaldehit gibi kirleticiler de bulunabilmektedirler. 20. Yüzyılda havada bulunan dış ve iç kaynaklı kirleticilerin sağlık üzerine ölümcüle varan olumsuz etkileri vardır.

İç ortam hava kalitesinin insan performansı üzerindeki etkisi bilinen bir gerçektir. İç ortam hava kirleticileri temelde gazlar ve partikül madde olarak sınıflandırılmaktadır.

---

<sup>146</sup> Clarisse B, Laurent AM, Seta N, Le Moullec Y, El Hasnaoui A, Momas I. Indoor Aldehydes: Measurement Of Contamination Levels And Identification Of Their Determinants In Paris Dwellings. Environmental Research. 2003;92: 245–253.



Hava kirleticilerine maruz kalınması durumunda insanlarda oluşan olumsuz sağlık etkileri; akciğer kanseri, tüberküloz, kronik astım krizi, öksürük, göğüs daralması, kalp hastalıkları, burun, boğaz, göz, iritasyonu, orta kulak iltihabı, alerji, soluk alma problemi, erken bebek ölümleri, düşük doğum ağırlığı şikayetleridir.

İç ortamlarda üreyen ve yayılan mikroorganizmalar insan sağlığına tehlike oluşturur. Dışardan alınacak taze hava da dış kirleticiler yönünden bir standarda bağlı olmalıdır. ASHRAE tarafından hazırlanmış ve Amerika için geçerli taze dış hava kriteri olarak kabul edilen atmosferik çevre havasının kalite standardı Çizelge 3.7' de verilmiştir.<sup>147</sup> Bu tabloda kısa dönem olarak 1-24 saatlik, uzun dönem için 3 ay ve 1 yıllık ortalama değerler ile max. konsantrasyon değerlerinin aşılması halinde oluşabilecek kronik solunum yolu ve kalp hastalıklarının olasılığı belirtilmektedir.

**Çizelge 3.7.** ABD' de Temiz Hava Kalitesi ve Kirleticilerin Fizyolojik Etkileri

Kirletici madde	UZUN DÖNEM		KISA DÖNEM		Fizyolojik Tesirleri
	Konsantrasyon µg/m <sup>3</sup> (ppm)	Ortalama Zaman	Konsantrasyon µg/m <sup>3</sup> (ppm)	Ortalama Zaman	
Sülfürdioksit	80 (0.03)	1 yıl	365 (0.14)	24 saat	Kronik üst solunum hastalığı
Karbonmonoksit	10,000 (9)	8 saat	40,000 (35)	1 saat	Kalp hastalığı
Azotdioksit	100 (0.555)	1 yıl			Kronik üst solunum hastalığı
Ozon			235 (0.12)	1 saat	Kronik üst solunum hastalığı
Hidrokarbonlar	50	1 yıl	160 (0.24)	3 saat	Kronik üst solunum hastalığı
Toplam tanecik (arit. ortalama)			150	24 saat	
Kurşun	1.5	3 ay			Kurşun zehirlenmesi, çocuklarda merkezi sinir sistemi bozukluğu

<sup>147</sup> ASHRAE, 1997, ASHRAE HANDBOOK- Fundamentals, "Çevre Sağlığı", Bölüm37, Çeviren: Demircioğlu, N. Toksoy, M. 1997

Uçucu organik bileşiklerin kaynağı sigara dumanı, ahşap yapı malzemesi, kişisel bakım ürünleri, temizlik maddeleri ve boyadır. İnsan sağlığında bitkinlik, bellek kaybı ve anksiyeteye neden olabilir. Uçucu organik bileşikler arasında taşıdıkları sağlık riskleri nedeniyle en fazla dikkat çekenler; benzen, toluen, etilbenzen, ksilen ve stirendir.<sup>148</sup> Benzen ve toluen kanserojenik olma özellikleri ile önem taşımaktadırlar. Çizelge 3.8.'de bu kimyasalların toksisite değerleri özetlenmektedir:

**Çizelge 3.8.** Bazı UOB'ler için Toksikite Değerleri (US EPA, 1998)<sup>149</sup>

Kimyasal	Referans doz (mg/kg/gün)	Kanser faktörü ( g/kg/gün)-1	US EPA kanser sınıflandırması
Benzen	8.57x10 <sup>-3</sup>	2.7 x10 <sup>-2</sup>	A (Kanserojen)
Toluen	1.14x10 <sup>-1</sup>	-	-
Etilbenzen	2.86x10 <sup>-1</sup>	-	-
Ksilen	2.86x10 <sup>-2</sup>	-	-
Stiren	2.86x10 <sup>-1</sup>	-	-
Karbon tetraklorür	7x 10 <sup>-4</sup>	1.3x 10 <sup>-1</sup>	B2 (Kanserojen olma olasılığı yük ek)
Kloroform	1 x 10 <sup>-2</sup>	6.1 x 10 <sup>-3</sup>	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)
Vinil klorür	9 x 10 <sup>-3</sup>	0.6	C (Kanserojen olma ihtimali var)
Metil klorür	6 x 10 <sup>-2</sup>	7.5 x 10 <sup>-3</sup>	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)
Etilen dibromür	-	85	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)

<sup>148</sup> Lee Cw, Dai Yt, Chien Ch, Hsu Dj. Characteristics And Health Impacts Of Volatile Organic Compounds In Photocopy Centers. Environmental Research. 100:139-149, 2006.

<sup>149</sup> US EPA. Integrated Risk Information System, 1998. US EPA. Carcinogenic effects of benzene: an update. Office of Research and Development, EPA/600/P-97001F. Washington, 1998

Uçucu organik bileşiklere maruziyet akut ve kronik sağlık sonuçları doğurmaktadır. Düşük dozlardaki UOB'ler, astıma ve diğer bazı solunum yolu hastalıklarına sebep olur. İsveç'te yapılan bir araştırmada 20-45 yaşları arasındaki 88 astım hastasında UOB'lere maruziyet ile nefes darlığı şikayetlerinde artış gözlenmiştir <sup>150</sup>. UOB'lere bazı insanlar, özellikle astım hastaları daha duyarlı olmakta ve bu tip hastalarda gözlenen astım krizlerinin başlamasına neden olabilmektedir. UOB kanserojen etkiye sahip olduklarından üzerinde dikkatlice durulması gerekmektedir. <sup>151</sup>

UOB'ler, gözlerde ve soluk borusunda tahrişe sebep olur. 8 µg m-3 konsantrasyondaki 22 UOB'ten oluşan karışıma maruziyetten sonra soluk borusu mukozasında bozulmalar görülmüştür. <sup>152</sup> Yüksek oranlarda maruziyet merkezi sinir sistemi üzerinde narkotik etki yaparlar. <sup>153</sup>

DeneySEL bir çalışma sonunda, 25 µg m-3 konsantrasyonda 22 farklı uçucu organik bileşiğe maruz kalan kişilerde uyuşukluk, baş ağrısı, zihinsel karışıklık ve bitkinlik şikayetlerine rastlanmıştır. <sup>154</sup> Bu şikayetler, kasılmalara, komaya kadar ilerleyebilir ve 35000 µg m-3'ü geçen değerlerde ölüm olayları görülür. UOB'ler konsantrasyon yükseldiğinde sinir sistemine ait fonksiyonlarda bozulmalara neden olurlar. <sup>155</sup>

Deney hayvanları üzerinde yapılan araştırmalara göre, benzen, vinil klorür, p-dikloro-benzen, kloroform, etilen dibromür, metil klorür ve karbon tetra klorürün tipik konsantrasyonları, kanser riskini en az 10 kat arttırmaktadır. <sup>156</sup>

---

<sup>150</sup> Norback D, Bjornsson E, Janson C, Widstrom J, Boman G. Asthma And The Indoor Environment: The Significance Of Emission Of Formaldehyde And Volatile Organic Compounds From Newly Painted Indoor Surfaces. *Occupational And Environmental Medicine*. 52(69): 388-395, 1995.

<sup>151</sup> Yurtseven, E., 2008. İki Farklı Bölgedeki İlköğretim Okullarında İç Ortam Havasının İnsan Sağlığına Etkileri Yönünden İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

<sup>152</sup> Molhave L. Indoor Climate, Air Pollution And Human Comfort. *Journal Of Exposure Analysis And Environmental Epidemiology*. 1(1): 63-81, 1991.

<sup>153</sup> Maroni M, Seifert B, Lindvall T. *Indoor Air Quality – A Comprehensive Reference Book*. Elsevier, Amsterdam, 1995.

<sup>154</sup> Otto D, Hundell H, House D, Molhave L, Counts W. Exposure Of Humans To A Volatile Organic mixture. I. Behavioural assessment. *Archives of Environmental Health*. 47(1):23-30, 1992.

<sup>155</sup> Burton Bt. *Volatile Organic Compounds. Indoor Air Pollution And Health*. Marcel Dekker, New York, 1997.

<sup>156</sup> Wallace La. Personal Exposure To 25 Volatile Organic Compounds, *Toxicology And Industrial Health*. 7: 203-208, 1991a

İç ortamda bulunan UOB'lerin ozonla reaksiyona girmesi sonucunda kuvvetli irritant etkiye sahip kimyasalların oluştuğu bilinmektedir.<sup>157</sup> UOB'lerin ozonla reaksiyona girme süreleri her bir bileşik için farklıdır. Ortamda bulunan UOB ve ozon konsantrasyonu bu süreyi etkileyen önemli faktörlerdir. Eğer ozon konsantrasyonu, UOB konsantrasyonundan belirgin olarak yüksekse, o bileşiğin yarılanma süresi sadece ozon konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Yapılan araştırmalarda özellikle limonen, stiren, 1,1,1 trikloroetan, o-ksilen, m-p ksilen, 1,2,4 trimetil benzen ve diklorometan bileşiklerinin ozonla reaksiyona girme eğilimlerinin yüksek olduğu görülmüştür<sup>158</sup>. Wolkoff ve arkadaşlarının teorisine göre UOB'lerin kimyasal reaksiyonları ile oluşan ürünler, kendilerine maruziyetten daha önemli olabilirler<sup>159</sup>. Ozonun iç ortamdaki d-limonenle etkileşiminin incelendiği bir çalışmada, reaksiyonlar sonucunda hem kararlı türlerin hem de serbest radikallerin oluştuğu ortaya konmuştur. Oluşan serbest radikaller ortamda bulunan diğer maddeler ile reaksiyonlara girerek doymuş ve doymamış aldehytler ile organik asitler oluşturmaktadırlar. Ara basamaklarda oluşan ürünler, d-limonenin kendisinden daha fazla irritant etkiye sahiptir.<sup>160</sup>

UOB'lerin iç ortamdaki konsantrasyonları üzerinde havalandırma, sıcaklık gibi faktörlerin yanında uygulamadan sonra geçen sürenin de çok önemli olduğu görülmektedir. Yapı malzemelerinde bulunan UOB'ler çabuk buharlaşabilme özellikleri ile en fazla inşaat sırasında çalışan işçileri etkilemektedir. Duvar yapımında kullanılan alçı bloklar ve levhalarda ksilen ve toluen türü UOB'ler bulunurken, betonun yapısında formaldehit bulunmaktadır. İnşaat sıvasında en çok rastlanan uçucu organik bileşikler, etil benzen formaldehit, ve toluendir. Toluene ayrıca duvar kağıtlarının yapısında bulunmaktadır. Özellikle iç yüzey kaplamalarında

---

<sup>157</sup> Groes L, Pejtersen J, Valbjorn O. Perceptions And Symptoms As A Function Of Indoor Environmental Factors And Building Characteristics In Office Buildings. In Proceedings Of The Sixth International Conference On Indoor Air Quality And Climate . Vol 4. 1996, Nagoya, Japan.

<sup>158</sup> Weschler Cj. Ozone In Indoor Environments:Concentration Chemsitry. Indoor Air. 10:269-288, 2000.

<sup>159</sup> Wolkoff P, Clausen Pa, Jensen B, Nielsen Gd, Wilkins Ck. Are We Measuring The Relevant Indoor Pollutants?. Indoor Air. 7(1):92-106, 1997.

<sup>160</sup> Tamas G, Weschler Jc, Toftum J, Fanger Po. Influence of ozone-limonene reactions on perceived air quality. Indoor Air. 16:168-178, 2006.

kullanılan çeşitli işlem görmüş ahşap ve yapay ahşaplar ile boya, vernik, cila gibi malzemeler de iç ortam havasında bulunan etil benzen, tri-metil benzen, ksilen gibi UOB'lerin önemli kaynaklarıdır.<sup>161</sup> UOB içeren bu malzemelerin kullanımından sonra geçen süre uzadıkça maruziyet seviyesi düşmektedir.

WHO'nun önerdiği formaldehit düzeyi iç ortam için 0,065 ppm dir. Formaldehidin olumsuz sağlık etkileri; göz, burun, boğaz tahrişleri, öksürük, yorgunluk, alerjik hastalıklar, kanser oluşumu olarak sayılmaktadır.<sup>162</sup>

Formaldehit zehirli bir kimyasaldır. 1.23 µg m-3 değerinin altındaki maruziyetler, hapşırmaya, öksürüğe ve az miktarda da olsa göz tahribatına neden olur. Bu semptomlar genellikle maruziyetin başlangıç evresinde görülür. Göz, cilt ve solunum yolları için korozif madde özelliğindedir. Formaldehit buharının deriyi zedelediği araştırmada görülmüştür. Özellikle gaz halinde solunması zehirlenmelere neden olabilir. Soluk borusunu tahriş ettiği anlaşılmıştır. Sıvı formaldehit cilde deşdirmemeye özen göstermelidir.

Düşük konsantrasyonlarda göz yaşarması, üst solunum yolu irritasyonu; yüksek konsantrasyonlarda ise alt solunum sistem irritasyonu ve ödem yapmaktadır. Astımlılarda astım krizini tetikleyebileceği görülmüştür. Diğer bir etkisi de merkezi sinir sistemi üzerinedir. Kısa süreli bellek kayıpları ve anksiyeteye (kaygı, korku, gerilim, sıkıntı hali) neden olabilir. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) formaldehiti grup 2A olarak kanserojen olarak sınıflamıştır. Sağlık üzerine olumsuz etkileri 0,1 ppm - 1,1 ppm düzeylerinde ortaya çıkan formaldehit olası mesleki kanser nedenleri arasında sayılmaktadır.<sup>163</sup>

Bu bileşiğin akut sağlık etkileri Çizelge 3.9.'da verilmiştir.

---

<sup>161</sup> Vural Ms, Balanlı A. Yapı ürünü kaynaklı iç hava kirliliği ve risk değerlendirme de ön araştırma. Megaron YTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi. 1(1): 28-39, 2005.

<sup>162</sup> WHO 2004. Evidence for Policy Makers: Indoor Air Pollution. Geneva.

<sup>163</sup> Edwards, R.D., Schweizer, C., Llacqua, V., Lai, H.K., M., Bayer-Oglesby,L., Künzli, N., "Time-activity relationships to VOC personal exposure factors" Elsevier Atmospheric Environment(2006) volume: 40, n.29 s:5685-5700.

**Çizelge 3.9.** Formaldehit Maruziyetinin Akut Sağlık Etkileri<sup>164</sup>

<b>Formaldehit konsantrasyonu (µg m-3)</b>	<b>Sağlık etkisi</b>
<67	Belirsiz
67-2000	Nöropsikolojik etkiler
67-1337	Koku eşik limiti
13-2674	Göz tahrişi
134-33425	Üst solunum yollarının tahrişi
6685-40110	Alt solunum yollarının tahrişi ve akciğerler üzerinde etki
66850-133700	Akciğerlerde ödem, iltihaplanma, zatürree
>137000	Koma ve ölüm

Düşük konsantrasyonlarda uyuşukluk, baş ağrısı ve yorgunluk gibi özellikle sinir sistemiyle ilgili şikayetlere sebep olan formaldehit, maruziyetin kronik hale gelmesi ile kanserojenik etkiler göstermektedirler.

Çizelge 3.10.'da Formaldehite temas edildiğinde yapılması önerilenler gösterilmiştir.

**Çizelge 3.10.** Formaldehite Temas Şekli ve Yapılması Gerekenler

<sup>164</sup> Hnes Al, Ghosh Tk, Loyalka Sk, Warder Rc. Indor Air- Quality and Control. Pretince-Hall, Englewood Cliffs, 1993.

<b>Formaldehitle Temas Şekli :</b>	<b>Yapılması Gereken:</b>
<b>Solunma:</b>	Buharı solunmamalıdır. Solunması halinde solunum sisteminde mukozada tahrişe neden olabilir. Formaldehit soluyan kişilerde yorgunluk, uyuklama, baş ağrısı, baş dönmesi, deri döküntüleri gibi şikayetler görülebilir.
<b>Cilde temas:</b>	Maddenin bulaştığı elbise hemen çıkarılmalı ve maddenin cilde temas ettiği yerler bol su ile yıkanmalıdır. Deri yoluyla emilmesine engel olunmalıdır.
<b>Göze temas:</b>	Göze temasta konjonktivit ve korneada kalıcı tahrişat yapabilir. Akan su ile en az 15 dakika yıkanmalıdır ve doktora başvurulmalıdır. Tahriş edicidir.
<b>Yutma:</b>	Bol su içirilmelidir. Kusturulmamalı ve hemen doktora müracat etmelidir.

Yorgunluk, göğüs darlığı, migren, mide bulantısı ya da baş dönmesiyle kendini gösteren nörolojik etkileri olabilir. Formaldehite devamlı maruz kalanlarda, maddeye duyarlılık artabilir ve alerjik reaksiyonlara sebep olabilir. Formaldehit oranı çok düşük miktarlarda olsa da reaksiyonlar ortaya çıkabilir. Zehirli bir madde özelliğini korur. Vaughan ve Ark tarafından yapılan deneysel çalışmalar, iç ortam havasında

bulunan formaldehit buharına maruziyet ile kanser arasında belirgin bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur.<sup>165</sup> Uzun süre, insanlar için olası kanserojen olarak sınıflandırılan bu madde, 21.yüzyılda araştırmacılar tarafında "kesin kanserojen" olarak sınıflandırılmıştır ve kanserlere yol ağtığı kanıtlanmıştır.

Binalardaki olumsuz iç ortam koşullarının sağlığı tehdit ettiği anlaşılmıştır. Z.Zeydan ve arkadaşları olumsuz iç ortam koşullarına bağlı olarak insanlarda görülen rahatsızlık ve hastalıkların aşağıdaki gibi üç farklı kökenden geldiğini belirtmektedirler:

- 1.Yüksek veya düşük sıcaklık, aşırı nem, yetersiz hava akımı, kötü koku ve kuru hava gibi olumsuz iç ortam iklimlendirmesinden kaynaklanan hastalıklardır.
2. Bina iğerisindeki kaynağı belirli olan bir kirleticinin yol ağtığı hastalıklardır.
3. Nedeni belli olmayan fakat iç ortamda bulunan hava kirleticileri ile ilişkili olan hastalık belirtileridir; "Hasta bina sendromu (HBS)".<sup>166</sup>

### **3.2.1. HASTA BİNA SENDROMU**

"Hasta bina sendromu (HBS)", içerisinde yaşanılan binanın kendisinden kaynaklanır ve iç ortam hava kalitesini belirleyen etkenlerden biridir. Hasta bina sendromu, ısı yalıtımının ön planda olduğu veya iyi havalandırılmayan iç ortamlarda bulunan kişilerde, iç ortam hava kirleticilerinin konsantrasyonlarındaki artışa bağlı görülen belirtiler yumağıdır.

Konut, okul, ofislerde görülen ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın verilerine göre sağlığı çok ciddi etkileyen ve çalışanlarda konsantrasyon düşüklüğu, baş ağrısı, burun akıntısı, halsizlik gibi sorunları beraberinde getiren "Hasta Bina

---

<sup>165</sup> Vaughan Tl, Strader C, Davis S, Daling JI. Formaldehyde and cancers of the pharynx, sinus and nasal cavity:II Residential exposures. International Journal of Cancer. 38(5): 685-688, 1986.

<sup>166</sup> Spellman, F.R., The Science of Air, Concepts and Applications, 2nd Ed., CRC Press, 2008.



Sendromu” olarak adlandırılan durum, yetersiz havalandırma koşullarında mevcut kirleticilere maruz kalınması durumunda ortaya çıkmaktadır.<sup>167</sup>

**Çizelge 3.11.** İHK’ne Bağlı Muhtemel Semptom ve İnsan Sağlığı Bozulmaları

<i>Sağlık Bozulması Belirtisi</i>	<i>Bilinen Sebepler</i>	<i>Bina ile İlgili Sebepler</i>	<i>IAQ ile Bağlantılı Muhtemel Sebepler</i>
Baş ağrısı	Stres Göz gerginliği Sinüzit Migren Boyun kas gerginliği	Stres Göz gerginliği Fiziko-Sosyal	Hava içindeki kimyasal maddeler
Vücutta meydana gelen kızarıklık ve lekeler (isilik)	Böcek ısırması Egzama Cilt ve deri iltihabı Diğer cilt hastalıkları	Sinirsel deri iltihabı	Fiberglas ve cam yünü
Gözlerin kaşınması	Kontakt lens Alerji Enfeksiyon	Göz gerginliği	Düşük nem Küf Kimyasal Maddeler Toz Fiberglas
Burun kanaması	Alerji Enfeksiyon Darbe		Düşük nem
Yorgunluk	Bir dizi ciddi hastalıklar Depresyon Uykusuzluk Kronik yorgunluk sendromu	Sıkıntı Tatminsizlik Aşırı çalışma	Muhtemel (nadiren buharlaşan kimyasallar)

<sup>167</sup> USEPA, Exposure Factors Handbook External Review Draft , July 2009 EPA/600/R-09/052A, 2009 UPDATE; USEPA, IRIS, 2009. “Integrated Risk Information System”, /http://www.epa.gov/iris, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. accessed on january 2013

Düşük	Sebebi bilinmeyen hastalık Genetik Bünyevi Enfeksiyon Metabolik	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Astım	Alerji:Kedi köpek toz polen Egzersiz Soğuk hava		Alerji:Küf, Toz Kimyasal Maddeler
Kanser	Sigara Soya çekim	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Konsantrasyon sıkıntısı	Birçok hastalık Depresyon Uykusuzluk Kronik yorgunluk	Sıkıntı Tatminsizlik Aşırı çalışma	Muhtemel (nadiren buharlaşan kimyasallar)
Baygınlık	Tansiyon Kalp hastalığı Kuruntu, huzursuzluk	Kuruntu huzursuzluk	Serhoş edici kimyasallar Karbonmonoksit gibi.

Dünya sağlık örgütü, modern çalışma binalarında yaşayan çalışanların deri, müköz membran irritasyonları ile solunum ve merkezi sinir sistemini ilgilendiren semptomları hasta bina sendromu olarak tanımlamıştır.<sup>168</sup> Hasta bina sendromunda mukoza, deri, solunum ve merkezi sinir sistemi olmak üzere dört sistemi ilgilendiren belirtiler ve şikayetler ortaya çıkmaktadır. Mukoza irritasyonu ile ilgili olarak; boğazda kuruma ve tahriş, burunda akıntı ya da tıkanma, gözlerde batma, kaşıntı, yaşarma, kontakt lenste batma ve tahammülsüzlük şikayetleri görülmektedir. Deride tahriş, kızarıklık, yanma ve kuruma gibi problemler gözlenmektedir. Solunum sistemini ilgilendiren göğüste sıkışıklık, nefes darlığı, öksürük, hırıltılı solunum gibi şikayetler görülmektedir. Merkezi sinir sistemi ile ilgili olarak da sersemlik hissi, baş

<sup>168</sup> WHO (World Health Organisation), 1983. Indoor air pollutants: exposure and health effects, Euro Reports and Studies 78, Copenhagen, 42 pp.

ağrısı, baş dönmesi, yorgunluk, konsantrasyon güçlüğü gibi şikayetler ifade edilmektedir.<sup>169</sup> İç ortam hava kalitesi kötüleştiğinde ortaya çıkan hasta bina sendromu şikayetleri binadan çıkınca ortadan kaybolmaktadır.<sup>170</sup> Çocuklar ve ergenlikte metabolik yolların ve vital organların gelişmesi henüz tamamlanmadığından, merkezi sinir sisteminde de koruyucu bariyerler henüz tamamlanmadığından iç hava kirliliğinin olumsuz etkilerine erişkinlere göre daha açıktırlar.<sup>171</sup> Çocukluk döneminde sigara dumanına maruz kalınması da bronşit, atopi, orta kulak iltihabı ve solunum sistemi hastalıkları gibi sorunlara zemin oluşturmaktadır. İç ortamın nemli olması, yakıtta odun kullanımı ve dış çevrenin kirliliği de çocuklar arasında solunum yolu hastalıkları görülme sıklığını artırmaktadır. Ayrıca çocukluk döneminde sigara dumanına maruz kalmış kişilerde yetişkinlik döneminde atopi, nikel alerjisi ve HBS görülme sıklığının arttığı bildirilmektedir.<sup>172</sup>

İç ortamda CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 800 ppm'in üzerinde iken HBS artmaktadır. Bazı çalışmalarda CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile HBS semptomları arasında anlamlı bir ilişki bulunmamasına rağmen yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonları iç ortam havasının kirliliğinin göstergesi olarak kabul edilmektedir.<sup>173</sup>

HBS'nin nedenlerinden biri uçucu organik bileşiklere maruz kalma durumudur. Duman odası deneylerinde UOB'lere maruz kalan insanlarda HBS belirtileri gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalarda iç ortamlarda belirlenen toplam 20 uçucu organik bileşikten oluşan bir gaz karışımının 5 mg/m<sup>3</sup>'lük konsantrasyonuna 2 saat süreyle maruz kalan bireylerde göz, burun ve boğazda tahriş, aynı karışımın 25

---

<sup>169</sup> Fanger, P.O., 2006. What is IAQ? Indoor Air 16, 328–334.

<sup>170</sup> Godish, T., 2001. Indoor Environmental Quality, Lewis Publishers, New York, 211–245.

<sup>171</sup> Dietert, R.R., Etzel, R.A., Chen, D., Halonen, M., Holladay, S.D. Jarabek, A.M., Landreth, K., Peden, D.B., Pinkerton, K., Smialowicz, R.J., Zoetis, T., 2000. Workshop to identify critical windows of exposure for children's health: immune and respiratory systems work group summary. Environmental Health Perspective 108, 483–490.

<sup>172</sup> Jacobson, M.Z., Atmospheric Pollution, History, Science and Regulation, Cambridge University Press, 2002

<sup>173</sup> Gupta, S., Khare, M., Goyal, R., Sick building syndrome—A case study in a multistory centrally air-conditioned building in the Delhi City, Building and Environment, 42, 2797–2809, 2007.

mg/m<sup>3</sup>'lük konsantrasyonuna 4 saat süreyle maruz kalan bireylerde ise solunum yollarında enfeksiyon belirtileri raporlanmıştır.<sup>174</sup>

Danish Town Hall çalışmasında, oturulmakta olan evle ilgili faktörlerin araştırma sonucuna göre, yaşanan eve ait olumsuz iç ortam koşulları ile genel HBS belirtileri arasında ilişki bulunmuştur. Danimarka'da yapılan başka bir çalışmada ise evde sigara içme, kalabalık yaşama, binada nem ve küfün olması baş ağrısı ve mukozal aşınma belirtileri artırdığı bildirilmiştir.<sup>175</sup>

Stres fizyolojik değişikliklere neden olarak ve bağışıklık sistemini etkileyerek hastalıklara zemin hazırlamaktadır. İş ortamında yaşanan stresin, HBS'nda görülen belirtileri tetiklenmesinde bir etken olduğu belirtilmektedir.<sup>176</sup>

İç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesinde havalandırmanın şekli ve sıklığı önemli bir etmendir. Mekanik veya doğal havalandırma seçeneklerinden en doğru olanın seçimine yönelik optimum havalandırma koşullarının belirlenmesi, çalışmada yer almaktadır<sup>177</sup>.

Hasta bina sendromuna bağlı olarak görülen belirtileri azaltabilmek için hem kirletici emisyonlarının azaltılması hem de uygun iklimlendirme sağlanması gereklidir. Bu amaçla Z.E.Zeydan ve arkadaşları, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyumundaki bildirimlerinde, aşağıda verilen önerileri sunmuşlardır:<sup>178</sup>

1. İç ortamdaki halı, mobilya ve ofis araçlarından kaynaklanan emisyonların azaltılması için emisyonu düşük ürünler satın alınıp kullanılmalıdır.
2. Temizlik malzemeleri, oda spreyleri, deodorant, parfüm, boya, vernik ve çözücüler az kullanılmalı ve saklanırken kapakları iyi kapatılmalıdır.

---

<sup>174</sup> Spellman, F.R., The Science of Air, Concepts and Applications, 2nd Ed., CRC Press, 2008

<sup>175</sup> Brightman, H.S., Moss, N., Sick Building Syndrome Studies and the Compilation of Normative and Comperative Values, in Indoor Air Quality Handbook, (Eds: Spengler, J.D., Samet, J.M., McCarthy, J.F.), McGraw-Hill, 2001.

<sup>176</sup> Gupta, S., Khare, M., Goyal, R., Sick building syndrome—A case study in a multistory centrally air-conditioned building in the Delhi City, Building and Environment, 42, 2797–2809, 2007.

<sup>177</sup> Schulze, T., Eicker, E., 2013. Method for simplified calculation of controlled natural ventilation. Bauphysik 35, 99-106.

<sup>178</sup> Zeynep Erdoğan Zeydan, Özgür Zeydan, Yılmaz Yıldırım, Hasta Bina Sendromu, Ix. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi, Hasta Bina Sendromu

3. Kapalı ortamlarda tütün mamullerinin kullanımı yasaklanmalıdır.
4. Hamilelikte tütün dumanına maruz kalınmamalıdır.
5. Yanma sonucunda ortama salınan gazların kontrolü için de mutfaklarda aspiratör ve havalandırma kullanılmalıdır.
6. Soba veya şömine ile ısıtılan ortamlarda, bağlı bacalar yılda bir kez temizlenmelidir.
7. Biyoaerosolların kontrolü için ise ev ve ofis gibi iç ortamlar sık ve iyi temizlenmeli, tozlardan arındırılmalıdır.
8. Mutfak ve banyo gibi ıslak hacimler sık havalandırılmalı, su sızıntıları kontrol edilmeli nem oluşması engellenmelidir.
9. Mutfak, banyo gibi ıslak zeminler ile çocuk ve oturma odaları bütün halı ile kaplanmamalıdır.
10. İç ortam kirleticilerinin neden olduğu riskleri önlemede sadece emisyon kontrolü tek başına yeterli olmayıp iklimlendirme koşullarının da uygun şekilde ayarlanması gerekmektedir.
11. İç ortam kirleticilerine temasın çok olduğu dijital baskı atölyeleri ve kuru temizleyiciler gib yerler iyi havalandırılmalıdır.
12. HBS oldukça karmaşık bir sorun olduğundan çözümü farklı disiplinlerden uzmanların ortak çalışmasını gerektirmektedir. HBS'ye bağlı oluşumların önlenmesi için mimarlar, iç mimarlar, mühendisler (inşaat, çevre, makine, tekstil, kimya vb.) ve sağlık personeli (hekim, hemşire, çevre teknikeri) işbirliği halinde çalışmalıdır.

### **3.2.2. İÇ MEKAN HAVA KALİTESİNİ BELİRLEYEN STANDARTLAR**

İç hava standartlarının amacı kapalı ortamlarda bulunan kirleticileri, zararlı etkilerinden korunmak amacıyla kontrol altına almaktır.

“Olf”, bir kirlilik kaynağındaki yoğunluğu ölçmek için kullanılan bir birimdir. Danimarka’lı Prof. Dr. P.Ole FANGER “Olf” kavramını tarafından Latince’deki “kokulu” anlamındaki “olfactus” sözcüğünden türetmiştir.

Değişik aktivitedeki insanların yaydığı koku miktarının, Çizelge 3.12.'deki değerlere sahip olduğu saptanmıştır (olf):

**Çizelge 3.12.** İç Hava Kirlilik Değerleri<sup>179</sup>

Kişi/Nesne	Koku emisyonu
Oturmakta olan yetişkin	1 olf
Yoğun sigara içen kişi	25 olf
Sigara içen kişi içmezken	6 olf
Atlet	30 olf
Aktif yetişkin	5-11 olf
Mermer döşeme	0,01 olf/m <sup>2</sup>
Muşamba döşeme	0 ,2 olf/m <sup>2</sup>
Sentetik halı döşeme	0,4 olf/m <sup>2</sup>
Kauçuk kaplama	0,6 olf/m <sup>2</sup>

İnsan tarafından üretilen kokunun, burun ile algılanma miktarı, herhangi bir mekandaki hava kalitesini belirleyen unsurdur Bu algılama, olf cinsinden üretilen kirliliğe bağlı olduğu kadar, o mekanın havalandırılması ile de ilgilidir. Danimarkalı Prof. P. Ole Fanger tarafından bunu tanımlamak için geliştirilmiş olan birime

<sup>179</sup> Fanger, O. P.: Introduction of the Olf and the Decipol Units to Quantify Air Pollution Perceived by Humans Indoors. In: Energy and Buildings. 12, 1988

'desipol' denmektedir. Desipol algılanan hava kalitesini ölçmek için kullanılan bir birimdir.

Doç.Dr. Hüseyin Bulgurcu Havalandırma ve İç Hava Kalitesi kitabında tanım olarak: '1 desipol = İçinde 1 olf koku üretilen bir odaya 10 L/s taze hava verildiğinde insan burnunun algıladığı kokudur' demiştir. Kısacası, algılanan iç hava kalitesinin bir ölçüsüdür. Bazı mekanlardaki değerleri şöyledir:<sup>180</sup>

- 0,01 desipol: Dağ veya açık denizlerdeki hava,
- 0,1 desipol: Şehir havası,
- 1,0 desipol: Sağlıklı bina havası,
- 1,4 desipol: Kabul edilir bina havası (% 80 tarafından),
- 10 desipol: Hasta bina havası.

Bazı bina malzemelerinin de hava kirliliği ürettiği tespit edilmiştir. Örneğin yaygın olarak kullanılan sunta ve MDF'nin yaymış olduğu kirlilikler oldukça fazladır. Çeşitli bina malzemelerinin yarattığı hava kirlilik oranları aşağıdaki gibidir:

- Sunta, MDF: 2,4 desipol,
- Sentetik halılar: 3,4 desipol,
- Boyanmış duvar: 2,1 desipol,
- Mastik, vb. malzeme: 3,0 desipol,
- Cila: 3,7 desipol,
- Tütün dumanı: 14,4 desipol

İHK problemlerini önlemek ve verimli bir çözüme yardımcı olmak için okullarda sıcaklık, bağıl nem seviyeleri izlenmeli ve ortamlarda ısı konfor sağlanmalıdır. İlave olarak dış havalandırma yetersiz olduğunda CO2 seviyesi izlenmelidir. Uygun tasarlanan havalandırma/klima sistemi, sıcaklık ve nem seviyelerini uygun şekilde ayarlayarak konforu şartlarını sağlar, kapalı ortam sakinlerinin ihtiyaçlarına uygun

---

<sup>180</sup>.Bulgurcu H., Havalandırma ve İç Hava Kalitesi -1 Havalandırma ve İç Hava Kalitesi 1Bölüm Balıkesir-2015

hava dağılımı yapar, kokuları ve diğer kirleticileri basınç kontrolü, filtreleme ve egzoz fanları yardımıyla en aza indirir

ASHRAE'nin 55-1962 Standardı insanlar için sıcaklık ve bağıl nem seviyelerini belirlemiştir. Konfor şartları nemi %30-%60 bağıl nem seviyesinde, sıcaklığı 20-25,6°C arasında sezona bağlı olarak sağlar. ASHRAE'nin 62-2010 Standardı iç hava sınıflarını dört ana gruba ayırmış olup Çizelge 3.13'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.13.** ASHRAE Standard 62.1-2010 Standardına Göre İç Hava Kalitesi

İç Hava Sınıfı	Tanım	Kullanım
1.sınıf	Çok düşük kirliliği olan ve zararsız	Herhangi bir işlem yapılmadan kullanılabilir, sirküle edilebilir. koku bulunan hava.
2.sınıf	Az miktarda koku ve partikül içeren hava	Herhangi bir işlem yapılmadan kendi mahalinde veya 2.sınıf ve 3.sınıf benzer amaçla kullanılan mahallerde kullanılabilir, sirküle edilebilir.
3.sınıf	İçerisinde etkili bir koku ve partikül bulunan hava	Herhangi bir işlem yapılmadan kendi mahalinde kullanılabilir, sirküle edilebilir.
4.sınıf	Kirli hava; içerisinde tehlikeli gazlar, partiküller, biyoayresoller mevcut	Herhangi bir şekilde kullanılmamalı ve sirküle edilmemelidir.

ASHRAE'nin 62.1-2010 Standardı çeşitli ortamlar için dış hava ihtiyacı seviyesini belirlemiştir. Genel olarak Isıtma-Havalandırma-Klima sistemi için kişi başına 25,5-102 m<sup>3</sup> /h taze hava tavsiye edilmiştir.



İlave olarak uygun havalandırma için CO2 seviyeleri gösterge olarak kullanılmalıdır. CO2 seviyeleri 1000 ppm olduğunda dış havalandırmanın uygunsuz olduğu söylenebilir.

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) Değerinin anlamı ve amacı, yaşadığımız bölgedeki hava kalitesi ile sağlığımızı ilişkilendirmemiz için yardımcı olmaktadır. Kolay anlaşılabilmesi için HKİ skalası altı kategoriye bölünmüştür.

Her bir kategori, farklı sağlık seviyesine karşılık gelir ve anlamları şöyledir:<sup>181</sup>

- “İyi”: HKİ değeri 0-50 aralığındadır. Hava kalitesinin tatmin edici, hava kirliliğinin çok az olduğu veya sağlık riskinin bulunmadığı anlamına gelir.
- “Orta”: HKİ değeri 51-100 aralığındadır. Hava kalitesi kabul edilebilir, ancak bazı kirleticilerin, toplumun küçük bir kesiminde orta düzeyde sağlık etkisi olabilir. Örneğin, ozon kirleticisine çok hassas olan kişilerde bazı solunuma bağlı hastalık belirtilerine rastlanabilir.
- “Hassas gruplar için sağlıklı”: HKİ değeri 101-150 aralığındadır. Toplumun belli bir kesimi, özellikle belli kirleticilere karşı hassastır. Bu grubun, genel nüfusa göre daha düşük seviyelerde dahi etkilenmeleri muhtemeldir. Örneğin, solunum rahatsızlığı olan kişiler, ozon kirleticisine maruz kalmaları sonucu daha fazla risk taşıırken; kalp rahatsızlığı olan kişiler havadaki tanecik kirleticilerine maruz kalmaları sonucu daha fazla risk taşırlar. Genel olarak, toplumun büyük kesimi, bu aralıkta etkilenmez.
- “Sağlıksız”: HKİ değeri 151-200 aralığındadır. Toplumun tüm kesimleri sağlık etkileri ile karşılaşmaya başlayabilir. Hassas gruplar, daha ciddi düzeyde etkilenebilir.
- “Çok sağlıksız”: HKİ değeri 201-300 aralığındadır. Sağlık alarmı için bir tetikleme noktasıdır. Toplumun tüm kesimleri, çok ciddi düzeyde etkilenebilir.

---

<sup>181</sup> Torres M., June 2000, “Indoor Air Quality”, Texas Institute for the Indoor Environment, The University of Texas, Austin.

- “Tehlikeli”:HKİ değeri 300’ün üzerindedir. Acil durum alarmı için bir tetikleme noktasıdır. Toplumun tüm kesimleri, büyük bir ihtimalle etkilenecektir.’

Bulgurcu H. , Havalandırma ve İç Hava Kalitesi yayınında; EPA Hava Kalitesi İndeksine göre ‘HKİ aşağıda belirtilen aralıkta olduğunda Hava Kalitesi aşağıda belirtilen renklerle sembolize edilir’ bilgisini vermiştir.<sup>182</sup>

0-50 arası İyi Yeşil

51-100 arası Orta Sarı

101-150 arası Hassas gruplar için sağlıksız Turuncu

151-200 arası Sağlıksız Kırmızı

201-300 arası Çok sağlıksız Mor /Pembe

301-500 arası Tehlikeli Kahverengi.

Çizelge 3.14’te iç ortam kalitesi ile ilgili değişik ülkelere ait standartların karşılaştırılması verilmiştir<sup>183</sup>.

#### Çizelge 3.14.İç Hava Kalitesi İle İlgili Standartlarda Önerilen Sınır Değerler

	CO <sub>2</sub>	Partikül Madde	Bağıl nem	Sıcaklık
ABD ASHRAE <sup>a</sup>	1000 ppm	PM10 < 75 µg/m <sup>3</sup> (yıllık ortalama)	%30-60	20-25.5 °C

<sup>182</sup>.Bulgurcu H., Havalandırma ve İç Hava Kalitesi -1 Havalandırma ve İç Hava Kalitesi 1Bölüm Balıkesir-2015

<sup>183</sup> GUO, H., LEE, S.C., CHAN, L.Y., Indoor air quality in ice skating rinks in Hong Kong, Environmental Research, 94, 327–335, 2004. STRANGER, M., POTGIETER-VERMAAK, S.S., VAN GRIEKEN, R., Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium, Environment International, 33, 789–797, 2007. ASHRAE, “ASHRAE HandbookCD, 2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health”, Atlanta, USA, 2003. HKGCC, “The Clean Air Charter-A Business Guidebook”, Hong Kong General Chamber of Commerce, www.cleanair.hk, 2006.

BERUBE K.A., SEXTON, K.J., JONES, T.P., MORENO, T., ANDERSON, S., RICHARDS, R.J., The spatial and temporal variations in PM10 mass from six UK homes, Science of the Total Environment, 324, 41–53, 2004.

MESTL, H.E.S., AUNAN, K., SEIP, H.M. Health benefits from reducing indoor air pollution from household solid fuel use in China-Three abatement scenarios, Environment International, 33,831–840, 2007.

ABD EPA /NAAQS <sup>b</sup>		50 gr/m <sup>3</sup> (1 yıl)		
ABD NIOSH <sup>c</sup>	5000ppm 30 000ppm (15 dakika)			
ABD OSHA <sup>d</sup>	10 000ppm 30000ppm (15 dakika)	5 mg/m <sup>3</sup> (8 saat) solunabilir toz		
ABD ACGIH <sup>e</sup>	5000ppm 9000ppm (15 dakika)	3 mg/m <sup>3</sup> (8 saat)		
Almanya MAK <sup>f</sup>	5000ppm 9000ppm (15 dakika)		%30-70	20-26 °C
Kanada	3500 ppm	PM2.5 <40 µg/m <sup>3</sup> (8 saat) 100 µg/m <sup>3</sup> (1 saat)	%30-80 (yaz) %30-55 (kış)	
WHO		PM10< 20 µg/m <sup>3</sup> (yıllık ortalama) PM10< 50 µg/m <sup>3</sup> (24 saat)		
“Çin		PM10< 150 µg/m <sup>3</sup>		
İngiltere		PM10< 50 µg/m <sup>3</sup>		
Norveç		PM2.5< 20 µg/m <sup>3</sup>		

Avrupa Birliği		PM2.5 < 35 µg/m <sup>3</sup>		
Hong Kong	800 ppm (1. düzey)	PM10 < 20 µg/m <sup>3</sup> (1. düzey)	%40-70	20- 25.5 °C
	1000 pmm (2. düzey)	PM10 < 180 µg/m <sup>3</sup> (2. düzey)		
		(8 saat ortalama)		

<sup>a</sup>ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

<sup>b</sup>EPA /NAAQS: Environmental Protection Agency/ National ambient air quality standarts

<sup>c</sup>NIOSH: National Institute of Occupational Safety And Health

<sup>d</sup>OSHA: Occupational Safety and Health Administration

<sup>e</sup>ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists

<sup>f</sup>MAK: German Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen

ABD’ deki Mesleki Endüstriyel ve Sağlık İdaresi (OSHA) tarafından yürürlüğe konulan ve uyulması zorunlu ABD standartları her yıl gözden geçirilerek “Code of Federal Regulations”, Federal yasalar, olarak yayınlanmaktadır. Çizelge 3.15.’te iç ortam için kabul edilebilir maksimum kirlenme sınırlarının değerlerini gösteren değişik standartların karşılaştırılması verilmiştir.

**Çizelge 3.15.**İç Ortam İçin Tespit Edilmiş Önemli Standartların Karşılaştırılması <sup>184</sup>

<sup>184</sup> Yüksel Köksal, Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 2001, İzmir

	Kanada	WOH / Avrupa	NAAQS / EPA	NIOSH REL	OSHA	ACGIH	MAK
Aldehitler							
Aerolen	0.02 ppm			0.1 ppm 0.25 ppm (15 dak)	0.1 ppm 0.3 ppm (15 dak)	0.1 ppm 0.3 ppm (15 dak)	0.1 ppm 0.2 ppm (15 dak) 50 ppm
Asetaldehid	5.0 ppm			100 ppm 150 ppm (15 dak)	100 ppm 150 ppm (15 dak)	100 ppm 150 ppm (15 dak)	50 ppm
Formaldehid	0.1 ppm	0.081 ppm		0.016 ppm 0.1 ppm (15 dak)	0.75 ppm 2 ppm (15 dak)	0.3 ppm	0.3 ppm
Karbon dioksit	3500 ppm			5.000 ppm 30.000 ppm (15 dak)	10.000 ppm 30.000 ppm (15 dak)	5.000 ppm 9.000 ppm (15 dak)	5.000 ppm 9.000 ppm (15 dak)
Karbonmonoksit	11 ppm (8 h) 25 ppm (1 h)	8.6 ppm (8 h) 25 ppm (1 h) 51 ppm (30 dak) 86 ppm (15 dak)	9 ppm (8 h) 35 ppm (1 h)	35 ppm (8 h) 200 ppm (15 dak)	35 ppm (8 h) 200 ppm (15 dak)	25 ppm (8 h)	30 ppm
Azotdioksit	0.05 ppm 0.25 ppm (1 h) 0.12 ppm (1 h)	0.08 ppm (24 h) 0.2 ppm (1 h) 0.08 ppm (8 h)	0.053 ppm (1 yıl) 0.12 ppm (1 h) 0.085 ppm (8 h)	0.1 ppm (15 dak)	1 ppm (15 dak) 0.1 ppm (8 h) 0.3 ppm (15 dak)	3 ppm 5 ppm (15 dak) 0.05 ppm (8 h) 0.2 ppm (15 dak)	5 ppm 0.1 ppm
Ozon	No long-term level	0.1 ppm (1 h)	50 g/m <sup>3</sup> (1 yıl)		5 mg/m <sup>3</sup> (8 h)		
Tanecek	40 µg/m <sup>3</sup> (8 h) 100 µg/m <sup>3</sup> (1 h)					(asbest hiç olmayacak, silika kristalin)	
Kükürtdioksit	0.019 ppm 0.38 ppm (5 dak)			2 ppm (8 h) 5 ppm (15 dak)	2 ppm (8 h) 5 ppm (15 dak)	2 ppm (8 h) 5 ppm (15 dak)	2 ppm
Radon gazı	800 Bq/m <sup>3</sup>						
Nisbi nem	30-80% (yaz) 30-55% (kış)						

### 3.2.3. FORMALDEHİT EMİSYONU VE KABUL EDİLEN STANDARTLAR

Özalp, M. 1996 yılında Formaldehit emisyonu, ‘en genel olarak üretim sürecinden sonra hava ile temas eden malzemenin (örnek ahşap esaslı) ortamdaki bağıl nem ile formaldehitin çözülerek havaya karışması’ olarak ifade etmiştir<sup>185</sup>. Formaldehit emisyonuna özellikle iç mimaride çok kullanılan ahşap-esaslı malzemelerin sebep olduğu bilinmektedir.

Formaldehit, iç mekanlarda çok çeşitli kaynaklarının bulunduğu ve miktarına göre insanda kanser yaptığı belirlendikten sonra, önemli ve dikkat çeken ticari kimyasal maddelerden birisi olarak literatüre girmiştir. Özellikle ahşap-esaslı malzemelerin sebep olduğu formaldehit emisyonu, çevresel ve sağlık etkilerinden dolayı önemlidir. Bu nedenle Dünya piyasalarında formaldehit emisyonuna katkısı olan ürünler, kalite sınıflarına göre (E1 ve F\*\*\*\*) piyasaya sürülmekte, en az veya hiç formaldehit emisyonuna sebep olmayan ürünler çevre dostu yeşil malzeme olarak rekabete katılmaktadır.<sup>186</sup>

Orman ürünleri endüstrisinde panel levha ürünlerinin üretiminde kullanılan formaldehit esaslı tutkalların formaldehit emisyon oranlarına bağlı olarak sınıflandırılması genel hatları ile aşağıda gösterilmiştir<sup>187</sup>.

E0: 1-2 mg/100 gr ( normal ağacın kendisindeki doğal formaldehit oranı)

E1: 2-10 mg/100 gr

E2: 10-30 mg/100 gr

E3: 30-60 mg/100 gr

Formaldehit emisyonlarının tayini için tüm dünyada kullanılan standartlar Avrupa Birliği Standartları, Japon Standartları, ISO Standardı aşağıda açıklanmıştır.<sup>188</sup>

<sup>185</sup> . Özalp, M., 1996. Kontraplaklarda Dolgu Maddesi Oranının Eğilme Mukavemeti Ve Formaldehit Ayrışmasına Etkisi, Y.L. Tezi, Dumlupınar Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 1996.

<sup>186</sup> Mentese, S., 2009. Materyal Analizi Ve Oda Deneyleri İle İç Ortam Kirleticilerinin Tespiti, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON), 6-9 Mayıs 2009, İzmir, Bildiriler Kitabı, Sf.611-617.

<sup>187</sup>Salthammer, T. And Mentese, S., 2008. Comparison Of Analytical Techniques For The Determination Of Aldehydes İn Test Chambers, Chemosphere, 2008, 73:1351-1356.

### 3.2.3.1 Avrupa Birliği Standartları

- EN 717-1 (2004): Ahşap-esaslı paneller-formaldehit salınımının belirlenmesi. Bölüm 1: Odametodu ile formaldehit emisyonu (Oda Metodu): Oda hacmi: 225 L-1 m<sup>3</sup>, yükleme faktörü: 1m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, ACH: 1 h-1, 23 °C, % 45 RH .<sup>189</sup>
- EN 717-2 (1994): Ahşap-esaslı paneller-formaldehit salınımının belirlenmesi. Bölüm 2: Gaz analiz metodu ile formaldehit salınımı (Gaz Analizi Metodu): Oda hacmi: 4L, 0.4x0.05 mboyutlarında test materyali, ACH: 15 h-1, 60 °C, ≤ %3 RH.<sup>190</sup>
- EN 717-3 (1996): Ahşap-esaslı paneller-formaldehit salınımının belirlenmesi. Bölüm 3: şişe metodu ile formaldehit salınımı (Şişe Metodu): Oda (şişe) hacmi: 500 ml, 25x25 mm boyutlarında ve 20 g ağırlığında test materyali, 40 °C, 100% RH.<sup>191</sup>
- EN 120 (1993): Ahşap-esaslı paneller-formaldehit içeriğinin belirlenmesi-perforatör metodu olarak adlandırılan ekstraksiyon metodu (Perforatör Metodu): 25x25 mm boyutlarında ve 110 g ağırlığında test materyali, 110 °C'de toluen ile ekstrakte edilmektedir.<sup>192</sup>

### 3.2.3.2. Japon Standartları

Japon standart metotları Avrupa Birliği Standart metotları ile çok benzer olmakla beraber, kullanılan odaların hacminde ve test materyallerinin alanlarında bazı farklılıklar bulunmaktadır.

---

<sup>188</sup>Salthammer, T., Mentese, S., Marutzky, R., 2010. Formaldehyde In The Indoor Environment, Chemical Reviews, Sakai, K., Norback, D., Mi, Y., Shibata, E., Kamijima, M., Yamada, M., Tekeuchi, Y.2004. A Comparison Of Indoor Air Pollutants In Japan And Sweden: Formaldehyde, Nitrogen Dioxide, And Chlorinated Volatile Organic Compounds. Environ. Res. 94(1):75-85.

<sup>189</sup> EN 717-1, "Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 1: formaldehyde emission by the chamber method", European Standard, October 2004.

<sup>190</sup> EN 717-2, "Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 2: formaldehyde release by the gas analysis method" European Standard, November 1994.

<sup>191</sup> EN 717-3, "Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 3: formaldehyde release by the flask method" European Standard, March 1996.

<sup>192</sup> EN 120, "Wood-based panels—determination of formaldehyde content—extraction method called perforator method", 1993.

• JIS A 1460 (2001) ve JAS MAFF 233 (2003): Bina panelleri: Formaldehit emisyonlarının belirlenmesi-desikatör metodu (Desikatör Metotları): Oda hacmi: 9-11 L, Test materyalininalanı: 0.18 m<sup>2</sup>, ön-şartlandırma, 20 °C, %0-80 RH. <sup>193</sup>

• JIS A 1901 (2003):Bina malzemelerinden kaynaklanan uçucu organik bileşik ve aldehit emisyonlarının belirlenmesi-küçük oda metodu (Küçük Oda Metodu):Oda hacmi: 20 L-1m<sup>3</sup>, yükleme faktörü:2.2 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, 28 °C, %50 RH, ACH: 0.5 h-1 .<sup>194</sup>

### 3.2.3.3 ISO Standardı

• ISO/7CD 12460 (2005):oda metodu: 1m<sup>3</sup>, 23 °C, %50 RH, 1h-1.<sup>195</sup>

Test metodları kullanılarak çeşitli malzemelere ait özel emisyon hızları araştırılmaktadır. Toz veya biyolojik toz parçası, iç mekan hava kirleticilerinin durumları da bu metotlar ile belirlenmektedir. Bu metotların kontrollü bir ortam olması nedeni ile bazı kimyasalların bazı malzemeler ile zamanla etkileşimi de tespit edilebilmektedir. Havanın bazı malzemelerle olan etkileşimi sonucunda yeni kimyasal maddeler oluşmaktadır. Bu kimyasal maddelerin hangi sıcaklık, nem gibi koşullarda daha yüksek veya az seviyede oluştuğu da incelenmektedir.

Nem, hava hızı ve sıcaklık gibi faktörlerin bina malzemelerindeki kimyasal, fiziksel ve biyolojik emisyonlara olan etkisi incelenmiştir. Bu üç parametre değerleri değiştirilerek partikülmiktarı, toplam UOB ve mikrobiyolojik seviyelerin düşürülmesi açısından çalışmalar yapılmaktadır. Bina malzemelerinden kaynaklanan istenmeyen olumsuz etkilerin iç ortam hava kalitesine olan etkisi, inşaat

---

<sup>193</sup> JIS A 1460, “Building boards. Determination of formaldehyde emission—desiccator method”, Japanese Industrial Standard, March 2001.

JAS 233, “Japanese Agricultural Standard for plywood”, Japanese Agriculture Standard, February 2003.

<sup>194</sup> JIS A 1901, “Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes for building products—small chamber method”, Japanese Industrial Standard, January 2003.

<sup>195</sup> ISO/DIS 12460, “Wood-based panels—determination of formaldehyde release—formaldehyde emission by the 1 m<sup>3</sup> chamber method”, Draft International Standard, January 2005.



malzemelerinin kalitesine, sıcaklık ve nem koşullarına karşı dayanıma ve inşaat işlerinin kalitesine bağlıdır.<sup>196</sup>

Bina malzemeleri, ev elektrik tertibatları ve diğer malzemelerde kullanılan plastikleştiricilerde yarı-UOB olarak sınıflandırılan fitalatlar, örneğin di-2-etilhekzilfitalat (DEHP), plastikleştiricilerin çoğunda bulunmaktadır. Örnek olarak izolasyon malzemeleri, PVC döşemeler ve duvar kağıtları, halı ve perdelerden fitalat emisyonlarının çıktığı tespit edilmiştir. Yarı-UOBler ve evdeki toz arasında bir ilişki tespit edilmiştir. Bu amaçla materyallerden salınan yarı-UOBlerin emisyon hızları kontrollü odalarda araştırılmıştır. Ancak yarı-UOBler için oda deneylerinin uygun olup olmadığı halen bir tartışma konusudur. Öyle ki, odanın duvarlarına adsorbe olduğu belirtilmektedir.<sup>197</sup> Bunu önlemek için yüksek sıcaklık koşullarının uygulanması gibi öneriler geliştirilmiştir. Ancak, bu sefer de yüksek sıcaklık koşullarının tipik bir iç ortamı temsil etmeyeceği yorumu ortaya çıkmaktadır.<sup>198</sup>

#### 3.2.3.4 Türk Standartı

Türkiye’de iç hava kalitesi ile ilgili çalışmalar 2001 yılından itibaren İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi tarafından yapılmaktadır. Avrupa Birliği’ne uyum çerçevesinde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan yasa ve yönetmeliklerle kontrol altına alınmak istenmektedir; ancak iç hava kalitesi standartları konusunda ülkemizde belirlenmiş değerler henüz oluşturulamamıştır.

Hava kalitesi standartları konusunda da Türkiye’de 2872 sayılı, 9 Ağustos 1983 kabul tarihli Çevre Kanunu’na dayanılarak 02.11.1986 tarihinde Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) yürürlüğe konmuştur.

---

<sup>196</sup> Virta, J., Koivula, M., Hussein, T., Koponen, S., Hakkaramen, H., Et Al., Emissions From Thermal Insulations-Part 1: Development And Characteristics Of The Test Apparatus”, Building And Environment, 40, 797-802, 2005

<sup>197</sup> Menteşe Sibel , Materyal Analizi Ve Oda Deneyleri İle İç Ortam Kirleticilerinin Tespiti, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi

<sup>198</sup> Katsumata, H., Murakami, S., Kato, S., Hoshino, K., Ataka, Y., “Measurement Of Semi-Volatile Organic Compounds Emitted From Various Types Of Indoor Materials By Thermal Desorption Test Chamber Method”, Building And Environment, 43, 378-83, 2008.

Avrupa Birliği uyum sürecinde yapılan çalışmalar neticesinde evre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesinin Korunması amaçlanmış, bu yönetmeliği 3 farklı yönetmelik olarak düzenlemiş ve yürürlüğe koymuştur. Bunlar, 3 Temmuz 2009 tarih, 27277 sayı ile ‘‘Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’’ (SKHKKY) ve 13 Ocak 2005 tarih, 25699 sayı ile ‘‘Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’’ (IKHKKY) ve 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayı ile ‘‘Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’’ (HKDYY) yayınlanan ynetmeliklerdir. HKDY‘‘nde hava kalitesi sınır değerleri, uzun vadeli sınır değerleri (UVS) ve kısa vadeli sınır değerleri (KVS) olmak üzere iki Şekilde tanımlanmaktadır. UVS, hava kirleticilerin düşük miktarlarının uzun sürede solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için söylenen st sınır değerleri göstermektedir.‘‘1 yıl süre boyunca yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan ve aşılmaması gereken değer’’ olarak tanımlanmaktadır. KVS ise, kısa sürede hava kirleticilerin yüksek konsantrasyonlarının solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerleri göstermektedir. ‘‘Maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları, sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının %95‘‘ini aşmaması gereken değerler’’ olarak tanımlanmaktadır. Çizelge 3.16.Uluslararası ve Türkiye’de Hava Kalitesi Konsunda Yayınlanmış Olan Standartlar gösterilmektedir.

**Çizelge 3.16.**Uluslararası ve Türkiye’de Hava Kalitesi Konsunda Yayınlanmış Olan Standart<sup>199</sup>

---

<sup>199</sup> Altın S.H., İç Ortam Hava Kirliliğinin Doğurabileceği Sağlık Etkileri, 19 Mayıs . evre Mühendisliği,2015

Parametreler	US_EPA	WHO	HKDY
CO	9 (ppm)	9 (ppm)	Geçiş dönemi: 30 mg/m <sup>3</sup> 2014 yılı sonrası: 10 mg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	1000 (ppm)	1000 (ppm)	-
O <sub>3</sub>	0,05 (ppm)	0,12 (ppm)	2022 yılı sonrası 120 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	70 (ppm)	70 (ppm)	Geçiş dönemi: 400 µg/m <sup>3</sup> 2014 yılı sonrası: 200 µg/m <sup>3</sup>
UOB	3 (ppm)	1-3 (ppm)	-
Sıcaklık*	22,5-25,5 (C°)	22,5-25,5 (C°)	-
Nem*	<70	<70	-
PM <sub>10</sub>	150 µg/m <sup>3</sup>	150 µg/m <sup>3</sup>	Geçiş dönemi: 300 µg/m <sup>3</sup> 2014 yılı sonrası: 90 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2,5</sub>	35 µg/m <sup>3</sup>	-	-

\*İç Ortam hava kalitesi sınır değerleridir.

T.C.Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 09.09.2013 tarihinde 'Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi' yayınlanmıştır.

2872 sayılı Çevre Kanunu'nun Ek 6'ncı maddesinde hava kalitesinin belirlenmesi, izlenmesi ve ölçülmesine yönelik yöntemler, hava kalitesi sınır değerleri ve bu sınır değerlerin aşılmaması için alınması gerekli önlemler ile kamuoyunun bilgilendirilmesi ve bilgilendirilmesine ilişkin açıklamalar Bakanlıkça yürütülür. Bu açıklamalara ilişkin usul ve esaslar Bakanlıkça çıkarılacak yönetmelikle belirlenir." hükmü yer almaktadır. Bu hüküm çerçevesinde, "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" 06/06/2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 05/05/2009 tarihli ve 27219 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" ile de yönetmeliğin Ek-1 A'sında değişiklik yapılmıştır. Bu yönetmelikle, Avrupa Birliğinin (AB) belirlediği düşük hava kalitesi limit değerlerine uyumunun hava kalitesi alanlarındaki AB mevzuatının mevzuatımızla uyumlaştırılması amaçlanmış ve yönetmelik 96162,8C sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve 99130IEC, 2000169/EC, 200213IEC ve 20041107IEC sayılı kardeş direktifleri paralelinde hazırlanmıştır. Yeni yönetmelik 13 farklı

kirleticinin mevzuat uyumu ve uygulama aşamalarında uygulama takvimlerini belirlemektedir.

Yönetmelik ayrıca, kirliliğin kontrolü ve hava kalitesi alanlarında doğru, tam ve güvenilir bir izleme, yaptırım ve kurumsal güçlendirmeyi de amaçlamaktadır. Yönetmelikle mevcut hava kalitesi limit değerlerinin 01/01/2014 tarihine kadar kademeli olarak azaltılması ve o tarihten sonra AB hava kalitesi limit değerleri artı tolerans değerlerine başlanarak kademeli bir geçiş ile AB limit değerlerine uyum sağlanması hedeflenmektedir. 2014 yılına kadar tüm Türkiye için hava kalitesi ön değerlendirme çalışmalarının tamamlanması, ölçüm istasyonlarının kurulması, bölgesel ağ merkezlerinin oluşturulması, laboratuvar alt yapısının oluşturulması, güvenli ve kaliteli ölçüm verilerinin sürekliliğini sağlayarak raporlanacak düzeyde temininin sağlanması, yönetmelikteki kirletici emisyonlara ilişkin emisyon envanterlerinin elde edilmesine yönelik çalışmaların yapılarak hava kalitesinin değerlendirilmesi ve yönetimine ilişkin altyapının oluşturulması ve AB hava kalitesi limit değerlerine uyum sürecinin başlatılması hedeflenmektedir.

Bu genelgenin amacı, bir taraftan hava kalitesinin belirlenmesine yönelik uygulamalarda birliktelik sağlamak için yönetmelikte belirlenen tanımlanan metodları ve kriterleri esas alarak tam bir hava kalitesi değerlendirmesinin sağlanması, diğer taraftan da hava kalitesi limit değerlerinin aşılmaması için alınması gerekli önlemlerin belirlenmesi ile hava kalitesi ve hava kirliliğinin önlenmesi konusunda kamuoyunun bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi konusunda destek sağlanmasıdır.

Bu bağlamda; yıllar itibariyle azalan hava kalitesi limit değerlerine uyum çerçevesinde öncelikle ildeki kirlilik kaynaklarının ortaya konulması (hava kalitesi ölçüm sonuçlarının analiz edilmesi, emisyon envanteri çalışmaları vb.) ve Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde belirtilen limit değerlerin aşılp aşılmaması durumu göz önünde bulundurularak alınması gereken önlemlerin uygulanması konusunda zamanlama, maliyet ve fizibilite çalışmalarının yapılması hedeflenmektedir.

Endüstriyel birçok işlem sonucunda toz, duman, sis, buhar, gaz veya bunların karışımı şeklinde havayı kirleten maddeler ortaya çıkarak yakın çevrelerini ve atmosferi kirletirler. Bu kirleticilerin hem üretim sahası içinde yayılmalarını önlemek ve hem de zehirli konsantrasyon seviyelerinin artmasına engel olmak için, bu kirleticiler kaynaklarında kontrol altına alınması hedeflenmektedir.

#### Türk Standardları Enstitüsü ve E1 Belgelendirmesi

Ahşap esaslı levha standartları formaldehit içeriğini iki sınıfa ayırmıştır. E2'den daha yüksek bir sınıfı kabul etmemektedir. EN standartlarında E1 ve E2 olarak adlandırılan bu kanserojen madde başta Avrupa ülkeleri olmak üzere, dünyanın pek çok ülkesinde sınırlandırılmıştır. E1 sınıfından daha yüksek bir sınıfa izin verilmemektedir. Ahşap esaslı levhalardan yapılan mobilyalarda ise E1 belgesine sahip ham madde seçilmesi sağlık açısından önem arz etmektedir. Mobilya üreticilerinin bu anlamda başta ahşap esaslı levha olmak üzere kullandıkları tüm ham maddeler için tedarikçilerini E1 belgeli firmalardan seçmeleri ile zamanla piyasada konuyla ilgili önemli bir bilinç oluşturacaktır.

Mobilya üreticilerinin E1 belgesi talep etmesi halinde, mobilya yapımında kullandıkları levhanın üretim tarihinin izlenebilirliğini ibraz etmeleri gerekmektedir. Bu durumda belgelendirme için numune alınabilmekte ve mobilya üreticilerinin ham madde olarak kullandıkları sadece ahşap esaslı levha için E1 belgesi düzenlenebilmektedir. Türk Standardları Enstitüsü, Belgelendirme Merkez Başkanlığı, ahşap ürünlerde sağlık açısından büyük risk oluşturan formaldehit emisyon seviyelerinin kontrolü ile ilgili olan E1 belgelendirme hizmetlerini uzman kadrosu ve laboratuvar alt yapısı ile kısa sürede gerçekleştirmektedir. E1 belgelendirmesi için gerekli testler TSE Gebze Yapı Malzemeleri Laboratuvarlarında yapılmaktadır. Ahşap Esaslı Levha üreticileri, TSE belgesi almak istediklerinde ilgili ürün standardına göre formaldehit analizleri yapılmakta ve belge kapsamlarına formaldehit sınıfları yazılmaktadır. Bu durumda E1 belgelendirmesi için ek bir kaynak ihtiyacına gerek bulunmamaktadır. E1 belgesi; ahşap esaslı levhaların üretiminde kullanılan formaldehitin yayılımının tespiti amacıyla, üretim yerinin incelenerek teknolojik yeterliliğin ve fabrika üretim kontrolünün sağlandığının

görülmesi ardından, alınan numunelerin muayene test sonuçlarının standartta belirtilen E1 sınırlar içerisinde sonuçlanması durumunda düzenlenen belgedir. E1 belgesi; örneğin laminat parke bileşenlerinde, formaldehitin uluslararası sağlık standartlarına uygun olduğunu anlatır. Bu belge ile başvuru sahibi, sözleşme yapılmasını takiben düzenlenen belge ile ilişkilendirilen markayı kullanma hakkını kazanır. TSE tarafından belirlenen aralıklarla yapılan ara kontrollerde numune alınır, üretim yeri incelemesi yapılır. E1 belgesinin geçerlilik süresi bir yıldır.

Yapı sektöründe E1 belgelendirmesi yapılan ürünler şunlardır:

- Yüzlendirilmemiş; Yonga Levhalar, OSB, MDF, Masif Ahşap Levhalar, LVL (Soyma Tabakalı Lamine Kereste).
- Boyanmış veya Yüzlenmiş; Yonga Levha, OSB, MDF, Kontrplak, Masif Ahşap Levhalar, Lif levhalar, Çimentolu yonga levhalar, laminatlar, parkeler.

Ürünlerle ilgili standartlar şunlardır:

- TS EN 13986/Mart 2007 - Yapılarda Kullanılan Ahşap Esaslı Levhalar - Karakteristikler, Uygunluğun Değerlendirilmesi ve İşaretleme
- TS EN 14342+A1 - Ahşap Yer Döşemeleri – Karakteristikler, Uygunluğun Değerlendirilmesi ve İşaretleme
- TS EN 438-7 - Dekoratif Lâmine Levhalar (HPL) - Yüksek Basınçta Sıkıştırılmış - Termoset Reçine Esaslı - Bölüm 7: İç ve Dış Duvarlarla Tavanın Son İşlemleri İçin Kullanılan Kompozit Paneller (HPL) ve Sıkıştırılmış Lâminatlar
- TS EN 14041 - Elastik, Tekstil ve Lâmine Yer Döşemeleri - Temel Özellikler.<sup>200</sup>

---

<sup>200</sup> Vatan Tatar Endüstri Mühendisi, Türk Standardları Enstitüsü Ve E1 Belgelendirmesi, Standart Ekonomik Ve Teknik Dergi , Yıl: 53 • Sayı: 620 • Ocak 2014 S:43-44, TSE Ankara Belgelendirme Müdürlüğü

#### **4. İÇ MEKAN DONATISINDA KULLANILAN AHŞAP ESASLI LEVHALAR VE AHŞAP ESASLI LİF LEVHALARIN İÇ HAVA KALİTESİNE ETKİLERİ**

Ahşap yenilenebilen havayı temizleyebilen tek yapı malzemesidir. Biyolojik esaslı bir malzeme olduğundan biyolojik, fiziksel ve kimyasal birçok faktör tarafından bozunabilmekte ve tüm bu faktörlere karşı korunmasında kullanılan çeşitli metotla kullanım ömrü uzatılabilmektedir.<sup>201</sup> Günümüzdeki enerji verimi yüksek ve çevreye ve sağlığa zararlı olmayan malzemelerin kullanılmasına çevresel sorunlar nedeniyle, özen gösterilmesi gerekmektedir. Canlı bir organizma olan ağaçtan meydana gelen ahşap; lifli, heterojen ve anizotrop dokusu ile higroskopik, poröz, viskoelastik, ses, elektrik, ısı iletkenliği ve ağırlık direnç oranı özelliklerinden dolayı önemli bir yapı malzemesidir.<sup>202</sup>

Ahşap, paneller, merdiven basamakları, taşıyıcı eleman, mobilya, iç ve dış cephe kaplaması ve döşeme çatı zemin kaplaması dahil olmak üzere her türlü mobilya, dekorasyonda geniş kullanıma sahiptir. İnsanlığın kullandığı çeşitli yapı malzemeleri içerisinde en eski olanı ahşaptır. Teknolojik gelişmelerle çok sayıdaki yeni malzeme olmasına rağmen, ahşap malzeme, sahip olduğu üstün özellikleri nedeniyle günümüzde birçok kullanım alanında önemini korumaktadır. Odun liflerinden elde edilen çeşitli levhalar ihtiyaca alternatif çözümler sağlamak amacıyla

---

<sup>201</sup> Kartal, S. N., 2009. Neden Emprenye, Mimarlıkta Malzeme Dergisi, Sayı: 12, 79- 84.

<sup>202</sup> Eriç, M., 2002. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınları, İkinci Basım, ISBN: 975- 8431-72-2, İstanbul

geliştirilmişlerdir. Bunun sebebi hem orman kaynaklarının ahşap endüstrisinde tek başına yeterli olamayacağı hem de kullanıcı talepleri doğrultusunda ahşap üretiminde, orman kaynakları dışında farklı kaynaklara da ihtiyaç olmasıdır.

Genel olarak ev ve ofislerde mobilya ve dekorasyon işlerinde kullanılan ve formaldehit esaslı tutkallarla üretilmiş yonga levha, lif levha ve kontrplaklardan formaldehit salınımı olmaktadır. Bu ürünlerin konut, okul ve ofislerdeki değişik kullanım yerleri aşağıdaki gibidir:

Lif levha: Mutfak, banyo içi dolap, raf ve tezgahları, yer döşemeleri, dolap kapakları, dekoratif duvar kaplamaları, panel kapılardır.

Yonga levha: Mutfak ve banyo dolapları ve rafları, dolap kapakları, sehpa, vitrin dolabı, yemek masası, yatak mobilya iskeletleri, elbise dolabı, portmanto, çalışma masası, gardırop, dekorasyon malzeme iskeletleri, döşeme altlarıdır.

Kontrplak: Masa ve sandalyeler, duvar kaplamaları, panel kapılardır,<sup>203</sup>

## **4.1. AHŞAP ESASLI LEVHALAR**

### **4.1.1.TANIMI**

Ahşap, doğal, organik, çevre için dost, geri kazanımlı, bir hammadde olan ahşap malzeme; termik özelliği, direncinin yüksekliği, kolay işlenmesi, iyi boya ve cila kabul etmesi, sesi absorbe etmesi, renk çeşitliliği ve estetik özellikleri nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahip bir malzemedir.<sup>204</sup>

Ağaç türüne göre değişmekle birlikte hücre çeperinin kimyasal yapısı; % 40-50 oranında selüloz, % 20- 35 oranında hemiselüloz, % 20- 30 oranında lignin ve % 0- 5 oranında ekstraktif maddelerden oluşmaktadır<sup>205</sup>. Yoğunluğu fazla olan ahşapların ayrıca yüksek dayanıma sahip oldukları bilinmektedir. Ahşap, havadaki nemi

<sup>203</sup> Doç.Dr. H. Turgut Şahin<sup>1</sup>, Prof.Dr. Mümin Filiz<sup>2</sup>, Öğr. Gör. Ali İhsan Kaya<sup>3</sup>,Yrd. Doç.Dr. Abdullah Sütçü<sup>1</sup>, Araş. Gör. Pınar Usta<sup>2</sup>, Orman End. Müh. Mustafa Çiçekler<sup>1</sup>, Ahşap Esaslı Malzemelerden Formaldehit Emisyonu Ve Etkileri Orman End. Müh. Cihan Bozkurt<sup>1</sup> <sup>1</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta <sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Isparta <sup>3</sup>mehmet Akif Üniversitesi, Burdur Meslek Yüksek Okulu

<sup>204</sup> Erdin, N., 2009. Ahşap Konservasyonu, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, G.Ü. Yayın no: 4840, ISBN: 978-975-404-842-1, İstanbul.

<sup>205</sup> Günay, R., 2007. Geleneksel Ahşap Yapılar Sorunları ve Çözüm Yolları, Birsen Yayınevi, İstanbul.



bünyesine alabilme ve havaya nem verebilme özelliklerine de sahiptir. Ahşapta bol miktarda kalsiyum, potasyum ve magnezyum; az miktarda fosfor, sodyum ve demir gibi inorganik esaslı bileşenler de bulunmaktadır.<sup>206</sup>

Hafif, enerji dostu, ekonomik ve depreme dayanıklı olması, estetik ve akustik özelliklere sahip olması, imalattaki esnekliği, tamir ve bakımının kolay olması, farklı malzemelerle de bir uyum içerisinde kullanılabilmesi gibi özelliklerinden dolayı ahşap yüzyıllardır tercih edilen vazgeçilmez mimari malzemesidir. Geniş bir renk, yoğunluk, direnç ve boyut çeşitliliğine sahiptir, çeşitli yüzey işlemleri uygulanabilmekte çivileme ve tutkallama ile birleştirilebilmektedir. Ahşap esaslı levhaların iyi özellikleri kolay işlenmesi, ısı ve sese karşı iyi bir yalıtıcı olması, doğal yapısından kaynaklanan tekstür, renk özellikleri, yorulma direncinin çelik ve betona karşı yüksek oluşu, estetik olmasıdır. Ahşap malzemenin 5000'den fazla kullanım yeri bulunmakta olup, diğer yapı malzemeleri ile birlikte yardımcı malzeme olarak da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

#### **4.1.2. SINIFLANDIRILMASI**

##### ***4.1.2.1. Kaplamalar(Masif Ahşap, Kontraplak)***

Soyma, kesme ve biçme yöntemlerinden biri ile ağaç tomruklarından elde edilen ve kalınlığı 0,6–1,2 mm arasında değişen ince ağaç levhalara 'ahşap kaplama' denmektedir. Ahşap kaplamalar, iç mekan donatısında mobilya ve dekorasyon üretiminde en çok tercih edilen katı yüzey kaplama malzemelerden biridir. Ahşap kaplamalar, üretim yöntemlerine göre beş farklı şekilde elde edilir. Bu yöntemler; Gürtekin ve Oğuz'un 2002 yılındaki çalışmasında aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

“Soyma kaplamalar, torna makinesine benzeyen özel soyma makineleriyle elde edilir. Dilme (Kesme) kaplamalar, özel dilme makineleri ile dilimlenerek elde edilen kaplamalardır. Teğet kesim kaplamalar, yumuşatılmış tomruğun alınının 45°'lik açı ile kesiminden elde edilir. Biçme kaplamalar, özel biçme makineleri ile elde edilen kaplamalardır. Biçme kaplamalar diğer yöntemlerle elde edilen kaplamalardan daha

---

<sup>206</sup> Cowan, H. J., 1991. Handbook of Architectural Technology, Van Nostrand Reinhold, New York.

kalındır. Özel kaplamalar, diğer dört kaplama üretim yönteminin herhangi biri ile elde edilen kaplamaların üst üste preslenerek değişik pozisyonlarda kesilmesiyle elde edilir. Üst üste kaplamaların preste yapıştırılmasıyla elde edilen ahşap blok, düz kesildiğinde freze desen, belli açılar altında kesildiğinde ise hareli kaplamalar elde edilir.<sup>207</sup>

Kontrplak belirli özelliklerdeki tomrukların özel makinelerde soyulması ile elde edilen ince soyma levhaların veya plakaların tutkalanıp lifleri birbirine dik gelecek şekilde en az 3 tabaka ya da daha çok tek sayıda üst üste konularak preslenmesiyle elde edilen büyük boyutlu levha şeklinde ahşap esaslı malzemedir. Bu üretim şekliyle direnci artıran titreşimle oluşacak şok etkilere karşı koyan bir yapıdır. Kalınlıkları 3-70 mm arasındadır. 130 x 220 cm ya da 170 x 220 cm boyutlarında üretilmektedir. Kontrplak, yoğun olarak suya dayanıklılığı ve yüksek mukavemeti ile inşaat sektöründe kullanılan ahşap esaslı bir malzemedir. Kontrplak mekanik dayanıklılığa sahip olmasıyla beraber hafif olan bir malzemedir.<sup>208</sup>

Kontrplakları Güller 2001 yılında çeşitli konulara göre sınıflandırmıştır. Bunlar;

- a. Yapılarına göre: Plakalı kontrplak, Göbekli kontrplak, Kompozit kontrplak
- b. Yapıştırımda kullanılan tutkal tipine göre: Kapalı yerde kullanılan kontrplak, Açıkta kullanılan kontrplak
- c. Levha yüzeyine yapılan işleme göre: Zımparalanmış kontrplak, Zımparalanmamış kontrplak, Yüzeyi kaplanmış kontrplak, Özel işlem görmüş kontrplak
- d. Koruyucu madde ile işlem görme durumuna göre: Korunmuş (emprenye edilmiş) kontrplak, Korunmamış kontrplak
- e. Biçimine göre: Düz kontrplak, Şekillendirilmiş kontrplak

---

<sup>207</sup> Gürtekin, A., Oğuz, M., 2002. Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, İstanbul.

<sup>208</sup> GÖKER, Y., Kontrplak, Laminart Ağustos-Eylül 2000

f. Tabakalarda kullanılan ağaç türüne göre Homojen kontrplak (Bütün tabakaları aynı ağaç türünden yapılmış), Heterojen Karışık kontrplak (Çeşitli tabakalarda farklı ağaç türü kullanılmış)

g. Kullanım amacına göre: Genel amaçlar için üretilmiş kontrplak, Özel amaçlar için üretilmiş kontrplak (yapı, kalıplık vb.).<sup>209</sup>

Bu ayrıntılı sınıflamalardan başka genel olarak kontrplaklar iki genel gruba ayrılmaktadır;

1. Dekoratif kontrplaklar

2. Yapısal ve endüstriyel kontrplaklar

Güller, yapısal ve endüstriyel kontrplaklarda görünümünden çok fiziksel ve mekanik özellikler önemli olduğunu vurgulanmıştır. ‘Dekoratif kontrplaklar daha çok duvar paneli ve mobilya üretimi gibi yerlerde kullanılmakta olup, bu kontrplaklarda fiziksel ve mekanik özelliklerden çok levha yüzeylerinin görünüm özellikleri ön plana çıkmaktadır.

1. Dekoratif kontrplaklar; Bu tip kontrplakların yüzey tabakaları genellikle görünüm özellikleri güzel olan yapraklı ağaç türlerinden elde edilir. Bu tip kontrplakların kullanıldığı alanlar: Duvar paneli,döşeme, masa,sandalye, televizyon kabini vb., mutfak mobilyası, kutu,sandık, bazı müzik aletleri, kapı, ince duvar kaplama malzemesi

2.Yapısal ve endüstriyel kontrplaklar; Yapısal ve endüstriyel kontrplakların kullanımında levhaların direnç değerleri ve kullanım yerinin gereklerine uygun bir tutkalla üretilmiş olması önemlidir. Bu tip kontrplakların kullanıldığı alanlar: Taban döşemesi, ahşap prefabrik konut yapımı, beton ve betonarme kalıp tahtası, bölme elemanı, raf, tezgah, konteynır, kutu, sandık, trafik işaret 139 levhası, reklam panosu, mağaza donanımı, depolama tankları, gemi ve yat güvertelerinde, otobüs,minibüs,kamyon,tır vb. araçların taban döşemelerinde, soğutma vagonlarında kullanılır. Bu tip kontrplakların yüzeyleri reçine emdirilmiş kağıt esaslı malzemeler

---

<sup>209</sup> B.Güller, Odun Kompozitleri SDÜ Orman Fakültesi, Orm. End. Müh. Bölümü Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2001, ISSN: 1302-7085, Sayfa:135-160.

ya da plastik ve metal esaslı malzemelerle kaplanmak suretiyle hem dekoratif ve daha dirençli duruma getirilebilir hem de kullanım alanı genişletilebilir.’

Yapılarda kullanılan kontrplaklar için tasarım değerleri istenirse, APA (The Engineered Wood Association)’nın Kontrplak Dizayn Rehberi’ne başvurulabilir. Bu rehber yapılarda kullanılan kontrplaklar için gerekli olan yükleri vb .gösteren tablolar içerir.<sup>210</sup>

OSB üretim maliyetinin daha düşük olmasıyla, yapılarda kullanılan kontrplağa rakip olmuştur. Bu nedenle kontrplak üretiminde Yapısal yenilik meydana gelmiştir. Yapıştırma sistemlerinde meydana gelen değişiklikler yüksek rutubete sahip kaplama levhalarının yapıştırılması ve tutkalın köpürmesi, gerekli yapıştırıcı miktarını azaltmakta ve maliyeti düşürülmektedir. Fenolik tutkallarda gelişmeyle, %3-4 rutubet yerine %10 rutubetteki levhalar tutkallanabilmekte ve bunun sonucunda kurutmadan tasarruf sağlanmakta, pres verimliliği artmakta, tutkal tüketimi azalmaktadır. Yüksek rutubet içeriğine sahip ürünün rutubetinin denge rutubetine yaklaşmasına neden olmuş ve bu da çatlama ve boyutlarda meydana gelen değişiklikleri azaltmıştır. Bununla birlikte firma yüksek rutubetteki levhaların başarılı bir şekilde tutkallanması için proses kontrolü yapmazsa ürün kalitesi önemli derecede azalır.<sup>211</sup>

21.Yüzyılda dekoratif kontrplak yerine daha çok dekoratif kaplamaların yongalevha vb. materyaller üzerine kaplanmasıyla elde edilen ürünler kullanılmaktadır. Bunların rakibi, üzeri herhangi bir malzeme ile kaplanmış ya da baskı yapılmış MDF’dir.<sup>212</sup>

---

<sup>210</sup> Forest Products Laboratory, Wood Handbook, Madison,WI: U.S.Department of Agriculture, Forest Service, 1999 [www.fpl.fs.fed.us(2000)].

Haygreen,J.G., Bowyer,J.L., Forest Products and Wood Science,Third Edition. Iowa State University Press,Ames,Iowa,USA,1996.

<sup>211</sup>Maloney,T.M., Development of Wood Composite Materials, Res. Pap., Pulmann,Wash.Washington State Univ.Wood Mtl.Lab.1994.

<sup>212</sup> 12. YILDIZ MDF A.Ş. www.yildizmdf.com

#### 4.1.2.2. Aglomeralar (Ahşap Esaslı Lif Levha)

‘Odun lifi’, yaşlanan ağaçta sertleşen ve besin iletimi yapamayan gözeler topluluğuna, ‘lif levha’ ısı ve/veya basınç uygulaması ile lignoselülozik liflerden üretilmiş, kalınlığı 1,5 mm ve daha büyük olan panel malzemelere denilmektedir.<sup>213</sup>

ISO 818’e göre (1975) ,“lif levha, doğal yapışma ve keçeleşme özelliğine sahip ligno-selülozik liflerden elde edilen ve kalınlığı genellikle 1,5 mm’den fazla olan homojen yapıdaki levhalardır. Yapısına, ilave olarak tutkal ve/veya katkı maddeleri katılabilir.”<sup>214</sup>

Lif levha üretimi, yaş, yarı kuru ve kuru olmak üzere üç yöntemle gerçekleştirilmektedir. Yöntemleri birbirinden ayıran en önemli özellik, liflerin taşınmasını ve levha taslağının oluşumunu sağlayan ortamdır. Yaş yöntemde lifler su ile taşınır ve levha taslağı sulu bir ortamda oluşturulur. Yarı kuru ve kuru yöntemde ise lifler hava ile taşınır ve levha taslağı kuru bir ortamda oluşturulur. Kuru ve yarı kuru yöntemde bağlayıcı madde olarak sentetik (polimer) tutkal kullanılması gerekir, ıslak sistemde ise ahşaptaki mevcut bağlayıcı maddeler yeterlidir. Bunun yanında yaş yöntemle lif levha üretiminde iğne yapraklı ağaçlar tercih edilirken, yarı kuru-kuru yöntemde ise yapraklı ağaçlar tercih edilmektedir.<sup>215</sup>

Farklı tekniklerle geliştirilen ahşap kompozitlerine ağacın yapısının lifli olmasından ötürü ‘ahşap esaslı lif levha’ denmiştir. Lif levhalar farklı yoğunluklarda, çeşitli ağaç liflerinin farklı sıcaklık ve basınç değerleri altında, uygun tutkallarla bir araya getirilmesi sonucunda üretilmektedirler. Üretimde fazla budak ihtiva etmeyen, çürüksüz ve orta yoğunlukta, çok, ekstraktif madde içeriği yüksek olmayan ve pH değeri 4-5 civarında olan her türlü ligno-selülozik ahşap esaslı materyal kullanılabilir.

---

<sup>213</sup> Bozkurt, Y., Erdin N., 1989. Odunsu Lifler ve Tanımı, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, **39(4)**:1

<sup>214</sup> ISO 818 (E), 1975. Fibre Building Boards; Definition; Classification, International Organization for Standardization, Switzerland.

<sup>215</sup> M.A.Kasapşekin, Mantar Aglomere Ve Orta Yoğunluklu Lif Levha (Mdf)Tabakalarıyla Oluşturulmuş Kompozit Malzemenin İç Mekan Donatı Elemanlarında Levha Olarak Kullanımının Araştırılması Doktora Tezi MSGSÜ İç Mimarlık ABD, 2015

Lif levha üretiminde levha kalitesini etkileyen faktörler; levhanın üretildiği hammaddenin özelliği, levha yoğunluğu, katkı maddelerinin miktarları ve çeşidi, pres şartları ve pres sonrası yapılan işlemlerdir. Hammadde olarak ağaç kabukları, kereste-mobilya fabrikalarının atıkları, keten, kendir, mısır gibi bitkilerin sapları kullanılmaktadır. Seçilen hammaddenin lif boyutlarına ve genel fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı olarak levha yoğunluklarında farklılıklar oluşmaktadır. Küçük boyutlu hammaddeler vakum ve basınç altında buhar kazanlarında pişirmeden dolayı daha hızlı lif haline gelirken, büyük boyutlu hammaddeler liflenmeye karşı direnç göstermektedirler. Bu sebeple Gürtekin ve Oğuz'a göre (2002); "Lifler, üretilecek levhanın çeşidine göre kimyasal özellikli bazı katkı maddeleriyle karıştırılır. Lif levha üretiminde kullanılan katkı maddeleri;

- Yapıştırıcı maddeler (tutkallar): Üre-formaldehit, fenol-formaldehit ve melamin-formaldehittir. Rutubetli ortamlarda kullanılan lif levhaların üretiminde fenol ya da melamin formaldehit yapıştırıcılar kullanılır.
- Yapıştırıcılara karıştırılan katkı maddeleri: Alüminyum sülfat, ferro sülfat ya da sülfirik asit.
- Mantar ve haşarata karşı koruyucu maddeler: Pentaklor fenol.
- Yangına karşı koruyucular: Amonyum fosfat, boraks, borik asit, çinko klorür.
- Suyu dayanıklılığı artıran maddeler: Parafin, soya yağı, keten tohumu ya da mum şeklindedir.”<sup>216</sup>

Malzemenin kullanımında levhalara uygulanan yüzey işlemleri basit şekilde boyamadan yüzeylerin lamine edilmesine kadar çeşitlilik göstermektedir. Yüzey kaplama işlemleri ile levhaların eskime, aşınma, çizilme dirençleriyle ısı, ışık ve kimyasal maddelerin etkisine karşı direncin arttığı ve bakteri barındırmadıkları belirlenmiştir. Levha yüzeylerinin kaplanması sonucu; mekanik özelliklerin iyileştiği, boyutsal stabilitenin arttığı, eğilme direncinin yükseldiği ve formaldehit emisyonunun azaldığı bildirilmiştir.<sup>217</sup>

<sup>216</sup> Gürtekin, A., Oğuz, M., 2002. Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, İstanbul.

<sup>217</sup> Nemli, G. Öztürk, İ. Aydın, A., 2004. Laminat Malzemeler, Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, Artvin, 1(2):55-60.

Lif levhaların genellikle yoğunluklarına ve yapıştırımda kullanılan tutkal türlerine göre sınıflandırılmaktadır. Yoğunluklarına göre sert, orta sert ya da yumuşak olarak alt sınıflara da ayrılmaktadırlar. Eroğlu'na göre (1994): “Yoğunluklarına göre lif levhalar;

- Düşük yoğunlukta lif levhalar-izolasyon lif levhası (LDF-Light Density Fiberboard): 0,35 g/cm<sup>3</sup>'ten daha düşük yoğunlukta olan lif levhalar.
- Orta yoğunlukta lif levhalar (MDF-Medium Density Fiberboard): 0,35-0,80 g/cm<sup>3</sup> arasında yoğunluğa sahip lif levhalar.
- Yüksek yoğunlukta lif levhalar-Sert lif levha (HDF-High Density Fiberboard): 0,80-1,1 g/cm<sup>3</sup> arasında yoğunluğa sahip lif levhalar” olarak sıralanmaktadır.<sup>218</sup>

#### *Düşük Yoğunluklu Lif Levhalar (LDF-Light Density Fiberboard)*

Düşük yoğunluklu lif levhalar (0.16-0.50 gr/cm<sup>3</sup>) yoğunluğa sahiptirler .Binalarda izolasyon amaçlı ve yer döşemesi olarak kullanılırlar. Köpüklü plastik levha ve panellerin rekabeti izolasyon levhalarının üretimini azalmasıda önemli bir etkidir. Mevcut işletmelerin pek çoğu yanmaya dayanıklı bir ürün yapmak amacıyla, odun lifinden çok, mineral lif kullanmaktadır<sup>219</sup>. Düşük yoğunluklu lif levhalar daha çok katı poliüretan köpükler, folyolar, fiberglass ve diğer malzemelerle bir arada kullanılabilen levhalar halinde, duvarlar ve çatılar için yalıtım elemanı olarak üretilmektedir.<sup>220</sup> Düşük yoğunluklu lif levhalar, yüzey dolgusu ve macunlama yapılarak boyanabilir, yüzeylerine vernik uygulaması yapılabilir. Levhaların akustik özelliklerini arttırmak için delikler açılabilir. Bu tür levhalar neme, küfe, yangına, vs. gibi dış etkenlere dayanımı arttırmak amacıyla katkı maddeleri ilave edilerek üretilmektedir.

<sup>218</sup> Eroğlu, H., 1994. Lif Levha Endüstrisi, K.T.Ü Yayınları, No: 45, Trabzon.

<sup>219</sup> Güller, B., 2001. Odun Kompozitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A-2: 135-160.

<sup>220</sup> Haygreen, J.G., Bowyer, J.L., 1996. Forest Products and Wood Science, IOWA State University Press, p: 360–369.

### *Orta Yoğunluklu Lif Levhalar (MDF-Medium Density Fiberboard)*

Oran'a göre (2012); "Orta yoğunlukta lif levhalar (MDF), termo-mekanik olarak odun veya diğer lignoselülozik hammaddelerden elde edilen liflerin belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra yaklaşık %9-11 oranında termoset esaslı yapıştırıcılar ile tutkallanarak sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle oluşturulan geniş levhalardır."<sup>221</sup>

Gürtekin'e göre (2007); "MDF üretiminde hammadde olarak en az 8 cm çapında, hastaliksız ve kusursuz odunlar kullanılır ve yoğunluğu 0,35-0,65 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişen ağaç üretimi için uygundur."<sup>222</sup>

MDF levhalar; düzgün yüzeyli, üst yüzeyleri kaplanabilen, baskı yapılabilen, boyanabilen ve ağaç işleyen makinelerle masif ahşap gibi işlenebilen bir malzemedir. Uygun kalınlıkta üretilebilmektedir, makine ile işlenmeye elverişli olması ve yüksek mukavemet özelliği, MDF' nin masif ahşaba alternatif olarak kullanılmasını sağlamaktadır. MDF levhalar yapı içinde; zemin döşemesi, tavan kaplama malzemesi veya doğrudan doğruya asma tavan, bölücü eleman, kapı kasası ve kapı, küpeşte, dolap kapağı, mobilya, süpürgelik, mutfak ve banyo dolabı olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında MDF levhalar inşaat sektöründe, kaplama malzemesi, parke ya da kalıp vb. olarak, makine sektöründe ise tabla, bölme, ambalaj vb. olarak kullanılmaktadır. MDF levhaların üretiminde standart bir işlem sıralaması takip edilir. Üretim esnasında levha; yongalama, ısıl işlem, liflere ayırma ve serme işlemlerinden geçirilir. Yongalama aşamasında hammadde ve gerekli olan katkı maddeleri yongalama makinelerine konularak malzeme istenilen boyutlara gelinceye kadar parçalanır. Parçalanarak karıştırılan ve homojen bir yapı haline getirilen hammaddeler (yongalar) sıcak bir ortama alınarak sertleşmeleri için ısıl işleme tabi tutulurlar. Isıl işlem sonunda liflere ayırma aşamasına gelinir. Bu aşama liflendirme ünitesi, pişirme kazanı silosu, pişirme kazanı ve rafinörden oluşur. Liflendirme

---

<sup>221</sup> Oran, B., 2012. Hindistan Cevizi (Cocos Nucifera L.) Odunu İle Üretilen Çapraz Yapıştırılmış Lamine Kerestelerin Bazı Teknolojik Özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon

<sup>222</sup> Gürtekin, A., 2007. Görsel Temsilin Mimarlıktaki Yeri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul



işleminde, ahşabın kimyasal olarak yaklaşık %30'unu oluşturan ligninin 170-180°C'de 7,5-8 bar basınç altında yumuşatılarak, liflerin mekanik olarak ayrılması amaçlanmaktadır. Pişirme kazanına giren yongaların en az %40-60 rutubete sahip olması beklenmektedir. Yongaların içindeki lignin, sıcaklık ve basınç etkisiyle yumuşar ve mekanik olarak liflenme gerçekleştirilmektedir.<sup>223</sup>

Yongalar 2-3 bar basınç altında sıkıştırıldıktan sonra pişirme kazanına gönderilir. Yongalara pişirme işleminin uygulanmasının nedeni sıkıştırılan yonganın aniden gevşeyerek buhar ve basınç altında şişmesini sağlamaktır. Yongalar pişirme kazanında 170-180°C sıcaklıkta 7,5-8 bar basınç altında 3-5 dakika doymuş buharla pişirildikten sonra homojen şekilde rafinöre gönderilirler. Rafinöre giren yonganın rutubetinin %100'e yakın olması liflendirme kalitesini artırmaktadır. Rafinöre giren yongaların liflendirilmesi 1-2 saniye içinde gerçekleşir. Bu aşamada elde edilen odun lifleri genellikle üre-formaldehit tutkalı ile karıştırılır. Tutkallı lifler 150°C sıcaklıkta kurutulur.

Elde edilen taslak malzeme, mekanik dökme ya da pinomatik yöntemleriyle şekillendirilir. Taslak içindeki havayı emmek için bant üzerine düşen liflere bantın altından vakum uygulanır. Bu bölümde çıkış ağzında belirli aralıklarla 45° açıyla yerleştirilmiş tırmıklar bulunur. Değişik tiplerdeki tırmıklar lifleri dağıtma görevi görürler. Bu aşamadan sonra lifler, serme bandının üzerinde bulunan serme odasına serbest düşmeyle bırakılır. Taslak, serme bandı üzerindeki çift taraflı basınç silindirleri arasından geçerken ön presleme işlemine tabii tutulur. Basınç silindirleri kasnağı sıkıştırarak yan alma işlemi sırasında lif kaybını en aza indirir ve taslağın sıcak prese kadar zarar görmeden gidebilmesini sağlar. Taslak, bantın her iki yanında yer alan daire testerelemler ile standart genişlikte kesilir ve levha halini alır. Bu aşamadan sonra taslak halindeki levhalar sıcak preslere yüklenir. Levhalar 165°C sıcaklık ve 35-45 kg/cm<sup>2</sup> basınç altında preslenir. Preste bekleme süresi levhanın kalınlığına göre 15-30 dakika arasındadır. Presten çıkan levhalar soğutma işleminden

---

<sup>223</sup> M.A. .Kasapseçkin, Mantar Aglomere Ve Orta Yoğunluklu Lif Levha (Mdf)Tabakalarıyla Oluşturulmuş Kompozit Malzemenin İç Mekan Donatı Elemanlarında Levha Olarak Kullanımının Araştırılması Doktora Tezi MSGSÜ İç Mimarlık ABD, 2015

geçirilir. Levhaların eni ve boyu ölçülendirilir. Bu işleme ‘ebatlama’ denir. Ebatlama işleminin ana amacı taslak levhayı, önceden belirlenmiş standart ölçülere getirmektir. Ölçülendirilen levhalar belli bir süre bekletilerek dinlendirilir. Bu süre içerisinde levhada sertleşme veya kondisyonlama olarak ifade edilen kimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelir. Bu işlemin amacı, çevresel etkilerle oluşan sıcaklık ve nem değerlerinin levha üzerindeki etkisinin dengelenmesidir. levhadaki kalınlık hatalarını gidermek ve mobilya üretiminde üst yüzey işleminden önce düzgün ve az pürüzlü bir yüzey elde etmek amacıyla levhaların her iki yüzeyi de zımpara makinesinden geçirilir. Bu işlemin ise tir. Zımparalanan levhalar düzgün bir altlık üzerinde, kuru ve gölge bir ortamda istiflenerek depolanırlar.<sup>224</sup>

MDF’nin en önemli özellikleri; makede işlenmesinin kolay, stabilitesinin yüksek olması, büyük boyutlarda üretilebilmesi, her iki yüzeyinin de zımparalanmış ve mastarlanmış olması, masif malzemenin aksine herhangi bir yerinde budak, çatlak, kıymık gibi özürler görülmemesi, her noktasının aynı yoğunlukta bulunması, kullanıma hazır olması, herhangi bir hazırlık işlemi gerektirmemesi, lake, boya, vernik gibi üst yüzey işlemlerine uygun olması, ahşap kaplama, PVC, kağıt, melamin gibi malzemelerle kaplanabilmesi, hem iki yüzeyinden hem de kenarlarından girecek vidaları tutabilmesi sayılabilir.<sup>225</sup>

MDF levhalar (kâğıt kaplı MDF levha çeşidi hariç) üst yüzey işlemlerine tabii tutulurlar çünkü tek başlarına bir bitiş malzemesi değildirler. Bu nedenle MDF levhalara uygulanan yüzey işlemleri malzemeye kazandırdıkları üstünlükler açısından önem taşımaktadırlar. Bu işlemleri önemli yapan nedenler, ürünü yüzey işlemleri sayesinde dış etkenlere karşı daha dirençli hale getirerek korumak, de ürüne estetik değer kazandırarak ürünün ekonomik ederini arttırmaktır. MDF levhalarda levha direncini artırmak için, yüzeyler genellikle ahşap kaplama, desenli kâğıt veya yapay tabakalar ile kaplanmaktadır. Yüzeyin dahadüzgün görünmesini sağlamak için

---

<sup>224</sup> Gürtekin, A., Oğuz, M., 2002. Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim bakanlığı Yayınları, İstanbul.

<sup>225</sup> Ayrılmış, N., 1999. MDF Üretim Teknolojisi, Laminart Mobilya & Dekorasyon & Sanat & Tasarım Dergisi, İstanbul, Ağustos-Eylül, Sayı 3.

daha ince bir kaplama ve/veya kâğıt da kullanılabilir226. MDF'ye uygulanan sıvı üst yüzey işlemleri boya vb., katı üst yüzey işlemleri arasında ise plastik laminat kaplama, PVC (poly vinyl chloride) folyo kaplama, ahşap kaplamadır.

Sıvı üst yüzey işlemlerine örnek lake boya uygulamasıdır. Lake boya, ham MDF levhadan elde edilmiş ürünün astar boya ile boyanıp zımparalanarak üzerine selülozik boya atılmasıyla elde edilen ve değişik renklerde uygulanabilen bir tür boyama işlemidir. Lake boya, katı yüzey malzemelerine göre daha ucuzdur. Ancak katı yüzey işlemleri darbelere karşı sıvı yüzey işlemlerine göre daha dayanıklıdır. Plastik laminat kaplama, yapay reçine sıvısı emdirilmiş kraft kağıtlarının ve yapay reçine plakalarının, en üstte amino plastik reçine emdirilmiş bir dekor kağıdıyla birlikte üst üste konularak yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen levhalara denir. Plastik laminat kaplama levhalar, üretiminde kullanılan reçinenin türüne göre ikiye ayrılır; bunlar fenol-melamin reçineli plakalar ve polyester reçineli plakalardır. Fenol-melamin reçineli plakalar, dört katmandan oluşur. Üst katman, plakanın en üstünde bulunan koruyucu katmandır. Bu tür levhaların üretiminde melamin reçinesi emdirilmiş aydıngeç kâğıdına benzer, şeffaf, saydam, overlay kâğıdı kullanılır. Bu katmanın görevi, dekor katmanını çizilme ve aşınmalara karşı korumaktır. Dolgu katmanındaki katların sayısı levha kalınlığına göre değişir. Levha kalınlığını dolgu katmanları belirler. Bu katman, fenol reçinesi emdirilmiş kraft kağıtlarından oluşur. Denkleştirme katmanı, plakanın altını oluşturan katmandır. Simetriyi sağlamak ve fenol reçineli plakaları gizlemek için bu katman, melamin emdirilmiş kraft kâğıtlarından üretilir.<sup>227</sup>

Fenol-melamin reçineli plakalar 0,9-1,5 mm kalınlığında ve 130x280 cm boyutunda levha olarak üretilir. Polyester reçineli plakalar yapay reçine sıvı emdirilmiş kâğıtların üst üste konulup sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen plakalardır. Polyester reçineli plakalar fenol-melamin reçineli plakalara göre daha incedir. Polyester reçineli plakalar 0,6-0,8 mm kalınlığında, 130 cm genişliğinde ve

---

<sup>226</sup> Eroğlu, H., 1994. Lif Levha Endüstrisi, K.T.Ü Yayınları, No: 45, Trabzon.

<sup>227</sup> Gürtekin, A., Oğuz, M., 2002. Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, İstanbul.

50 m boyunda üretilir.<sup>228</sup> Plastik laminatla kaplı levhalar benzerlerine göre daha sert ve kırılğan malzemelerdir. Rutubete, alkol, benzin, benzol, tiner, ispirto, klor, etilen, eter, aseton, baz etkili sıvı, sirke, limon, sabunlu su vb. gibi inceltici ve eritici sıvı maddelere daha dayanıklıdırlar.

PVC (poly vinyl chloride) folyo kaplama, bir polimer cinsi olup, çeşitli katkı Maddeleri ile harmanlandıktan sonra yüksek sıcaklıklarda şekillendirilip plastik haline getirilerek kullanılır. PVC folyolar, bir yüzü tutkallanmış MDF levhanın üzerine serilir ve 50°C ısı altında preslenerek levha yüzeyine kaplanır. PVC folyo kaplama daha çok mobilya elemanlarının kapak kaplamalarında kullanılır. Bu tür kapaklar, membran kapak olarak da adlandırılmaktadırlar. PVC folyolar farklı renk ve desen çeşitliliğine sahip oldukları için ürün çeşitliliğini sağlamak mümkündür.

Soyma, kesme ve biçme yöntemlerinden biri ile ağaç tomruklarından elde edilen ve ince ağaç levhalar ahşap kaplamalardır. Kalınlığı 0,6–1,2 mm arasında olabilmektedir. Ahşap kaplamalar, mobilya ve dekorasyon üretiminde katı yüzey kaplama olarak tercih edilmektedir.<sup>229</sup>

#### *Yüksek yoğunlukta lif levhalar- (HDF-High Density Fiberboard)*

Yüksek yoğunluklu odun lifi ya da diğer bitki liflerinin, çeşitli sentetik reçine türleri kullanılarak yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenmesi sonucunda üretilen levhalara yüksek yoğunluklu lif levhalar (HDF) denilmektedir. Yüksek yoğunluklu lif levhalar (HDF), ortamdaki nem ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmemektedir. Yoğun ve pürüzsüz yüzey dokuları sebebiyle iç mimari uygulamalarında, masif ahşap malzemenin kullanıldığı her yerde, alternatif olarak tercih edilmektedirler. Kullanım yerlerine göre yüksek yoğunluklu lif levhaların; adi sert levha, yapı içi kaplama paneli ve cephe kaplama paneli olarak başlıca üç tipi vardır. Adi sert levha beton kalıbı yapımında, yapı içi kaplama paneli duvar ve tavan kaplamalarında,

---

<sup>228</sup> Gürtekin, A., Oğuz, M., 2002. Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim bakanlığı Yayınları, İstanbul.

<sup>229</sup> Gürtekin, A., Oğuz, M., 2002. Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim bakanlığı Yayınları, İstanbul.

cephe kaplama paneli yapı cephelerinde dekoratif yüzlü veya boyanabilen kaplama paneli olarak kullanılmaktadır.

Yongalevha TS 180 (1978) ve TS 1617 (1974)'ye göre; odun veya odunlaşmış diğer ligno selülozik hammaddelerden elde edilen kurutulmuş yongaların sentetik reçine tutkalları ile sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi sonunda elde edilen ahşap esaslı levhalardır<sup>230</sup>. Küçük boyutlu ve ekonomik olarak düşük değerli tomruklar kullanılarak geniş boyutlu bir levhaya dönüştürülmesi nedeniyle geniş bir kullanım alanı bulmuştur.<sup>231</sup>

EN 309 (1992)'ye göre yongalevha; odun, odun yongası, testere talaşı vb. ve/veya diğer ligno selülozik lifli materyalin (keten, kenevir, şeker kamışı vb.) uygun bir yapıştırıcı yardımı ile ısı ve basınç etkisi altında şekillendirilmesi ile oluşan malzemelerdir.<sup>232</sup>. Yongalevha üretiminde kullanılan partiküllerin birbiri ile yapıştırılmasında sentetik reçineler kullanıldığı gibi bazen kağıt fabrikalarından elde edilen sülfat atık suyu, bitkisel kökenli yapıştırıcılar ve inorganik bağlayıcılardan da (çimento, manyezit, alçı vb.) faydalanılmaktadır.<sup>233</sup> Güller 2001 yılında Yongalevhaları değişik parametrelere göre aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır:<sup>234</sup>

#### I. Yatay Preslenmiş Yonga Levhalar

- Tabaka sayılarına göre;

a. Tek tabakalı yonga levhalar b. Üç tabakalı yongalevhalar c. Beş tabakalı yongalevhalar d. Tabakaları belirsiz yongalevhalar

- Yoğunluklarına göre; a. Hafif (500 kg/m<sup>3</sup> 'ten az) b. Orta (500-650 kg/m<sup>3</sup> arası) c. Ağır (650 kg/m<sup>3</sup> 'ten fazla)

<sup>230</sup> TS 180, Yongalevhaları (Yatık yongalı, Genel amaçlar için), TSE, Ankara, 1978.

<sup>231</sup> Kubler, H., Wood as a Building and Hobby Material, Wiley and sons, Inc., Canada, 1980.

<sup>232</sup> EN 309, Wood Particleboards-Definition and Classification, European Committee Standardisation, Brussell, 1992.

<sup>233</sup> Maloney, T.M., Modern Particleboard and Dry-Process Fibreboard Manufacturing, Miller Fremann Publ., Inc., California, USA., 1993.

<sup>234</sup> Güller, B., 2001. Odun Kompozitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A-2: 135-160

- Yüzey işlemlerine göre a. Zımparalanmış levhalar b. Zımparalanmamış levhalar
- Yüzey kaplama malzemesine göre; a. Kaplamasız b. Ağaç kaplamalı c. Laminatlı c.a. Yongalevhalar üzerine kendi kendine yapışan laminatlar c.b. Yongalevhalar üzerine tutkalla yapıştırılmış lamine levhalar veya folyolar d. Sıvı yüzey kaplama maddeleri ile kaplanmış yongalevhalar (lake boya vb.)
- Kalınlıklarına göre (mm); 3,6,8,10,13,16,19,22,25,28,32,36,40,45,50,60
- Tutkal veya bağlayıcı cinsine göre; a. Ürefoalaldehit tutkalı ile üretilmiş b. Fenolformaldehit tutkalı ile üretilmiş c. Melamin tutkalı ile üretilmiş d. Polyzosiyonat tutkalı ile üretilmiş e. Bağlayıcı olarak sülfite atık suyu kullanılmış f. Bağlayıcı olarak doğal yapıştırıcılar (Kazein,soya,kan tutkalları,tanen) kullanılmış
- Kullanış amacına göre; a. Genel amaçlar için üretilmiş b. Özel amaçlar için üretilmiş
- Üretim metoduna göre; a. Çimentolu yongalevhalar (betopan-beyopan) b. Yönlendirilmiş yongalevhalar (OSB,oriented strand board) c. Etiketli yongalevhalar (wafer board) d. Şerit yongalevhalar (flake board) e. PVC+Polystren atıklı yongalevhalar f. Manyezitli yongalevhalar (heraklit) g. Üzerine baskı yapılmış yongalevhalar
- Üretimde kullanılan hammadde cinsine göre a. Odun hammaddesinden üretilmiş yongalevhalar b. Bitkisel materyal, artık ya da atıklardan üretilmiş yongalevhalar

## II. Dikey Preslenmiş Yonga levhalar

- Serme sistemine göre; a. Dikey yönde serilmiş levhalar b. Yatay yönde serilmiş levhalar
- Üretim sistemine göre; a. Deliksiz üretilmiş levhalar b. Delikli Üretilmiş levhalar c. Kenarları profilli levhalar c.a. Preslenmiş üçgen profilli c.b. Preslenmiş kare profilli c.c. Preslenmiş yarı yuvarlak profilli
- Yüzey kaplama malzemesine göre; a. Kaplamasız levhalar b. Ağaç kaplama ile kaplanmış levhalar b.a. Soyma kaplama levhalar ile kaplanmış b.b. Kesme kaplama levhalar ile kaplanmış
- Kalınlıklarına göre;(mm) a. 13,16,19 (Deliksiz) b. 25,36,60 (Delikli)

-Üretim metoduna göre a. Termodin metodu b. Callipress metodu c. Werzalith metodu

Yonga levhalar, odun veya odunlaşmış bitkisel hammaddelerin kurutulmuş yongalarının sentetik reçine tutkalları ile sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi sonunda elde edilen levhalardır. Yonga levhaya halk dilinde sunni tahtanın kısaltılmasından sunta olarak anılır. Yonga levhanın kalitesi üretim özelliklerine bağlıdır. Ağaç liflerinin az yoğunlukta basılması ile meydana gelen, bu ürün MDF'den sıkıştırma, yoğunluk, liflerinin yapısı olarak farklılıklar göstermektedir. Suya dayanıklılık göstermez. Yalıtım ürünü olarak kullanımı söz konusu değildir.

Antistatik, çizilmeye, çarpmaya, sürtünmeye dayanıklı, solmaz, temizliği kolay, ucuz, estetik görümlü ürünlerdir. Amaç; tüketiciye ucuzluk, sağlık ve kullanım kolaylığı sunmaktır. Suntalamalarda (Melamin Kaplı Yonga Levha) Emprenyelenmiş Dekor Kağıdı'ndan farklı renk ve desende ürünler temin edilebilmektedir. Çeşitli desen ve ebatlar da müşterilerin ihtiyaç ve talepleri doğrultusunda kısa sürede üretilebilmektedir. Suntalamaların (Melamin Kaplı Yonga Levhalar) kullanıldığı alanlar, Hacim Bölücüler, Yatak Odası Takımları, Yemek Odası Takımları, Gömme Dolaplar, Banyo Dolapları, Mutfak Dolapları, Bürolar, Butikler, Çocuk Odaları, Genç Odaları, Stüdyolar, Asansörler, Bankalar, Muayenehaneler, Eğitim Alanları, Eğlence Yerleri, Fabrikalar, Fuar Alanları, Kütüphaneler gibi yaşamın her alanında kullanılır.

Suntalam (Melamin Kaplı Yonga Levha), yaşadığımız tüm mekanların dekorasyonunda, mutfak, banyo ve modüler mobilya üretiminde tercih edilen ve beğeni ile kullanılan ahşap bazlı levhalardır. Özel reçetelerle üretilen melaminli reçinelerle emprenye edilen dekor kağıtları yonga levha üzerine yüksek basınçlı preslerde preslenerek suntalam üretilir. Emprenye esnasındaki kimyasal işlemler sayesinde, çizilmeye, yanmaya ve suya dayanıklı bir yüzey elde edilir.<sup>235</sup>

---

<sup>235</sup> Akbulut,T., Yongalevha Endüstrisi,Laminart,Sayı:7, NisanMayıs 2000.

Ev içindeki havada en fazla formaldehit kaynağı çok reaktif ve çok ucuz olan formol esaslı sıcaklıkla sertleşen bir tutkal içeren başta ahşap esaslı levhalar ve panellerdir. 2002'den beri E1 standartına göre, 100 gr malzemede formaldehit miktarı  $\leq 8\text{mg}$  olmalıdır; böylece açığa çıkma değeri  $\leq 0,124 \text{ mg/m}^3$  havadır. Büyük imalatçılar 21.yüzyılda E1 sınıfı ürün sunduğunu beyan etmektedir.

Çizelge 4.1. 'de Ahşap paneller, imalatı, ana kullanım yerleri ve formaldehit emisyon sınıfı hakkında bilgi verilmiştir.

Ürün adı	İmalatı	Ana kullanım	Formaldehit salınımları
Sunta (yönlendirilmemiş parçaçık içeren levha)	Talaşlar, ayrılıp, tutkalla karıştırıldıktan sonra, sıcaklıkta preslenir ve zımparalanır.	En sık kullanılanıdır : taban, iç mekan zemini, mobilya.	Güçlü, fakat E1 sınıf sunta bulmak mümkündür.
MDF lif levha (orta yoğunlukta)	Talaşlar buharlanıp, lifleri ayrılır ve ondan sonra yapıştırılıp, preslendikten sonra paketlenir.	Parke (laminat), mobilya, iç mekan düzeni.	Güçlü, fakat E1 sınıf levha bulmak mümkündür; formaldehit içermeyenleri de vardır.
Kontraplak levha	Gövdeler (genelde egzotik ağaç) suda bekledikten sonra, soyma veya dilimleme yöntemiyle eldedilen 1 ile 3 mm'lik "yapraklar", çapraz katmanlar halinde yapıştırılıp, preslenir.	Taban, bölme, tahta kaplama, duvarın iç yüzü.	Düşük, E1 sınıf kontraplak bulmak mümkündür.



OSB yönlendirilmiş yonga levha	Kesilen reçineli yaprak levha şeklinde dilimlenip, bir birine dikey olarak üç katman halinde yapıştırılır; bu onların esnememelerini sağlamaktadır.	Taban, bölme, pencere kepengi, ahşap kiriş, mobilya, iç mekan düzeni.	Gayet düşük, E1 sınıf bulmak mümkündür.
Lamine ahşap panel	Tutkalla birleştirilmiş ağaç katmanlarından oluşmaktadır.	İskelet, hafif çerçeve, taban.	Düşük, E1 sınıf lamine ahşap bulmak mümkündür.

**Çizelge 4.1.** Ahşap Paneller, İmalatı, Ana Kullanımı ve Formaldehit Emisyon Sınıfı

Panel mobilya üretiminde kullanılan yonga levha (YL), orta yoğunlukta lif levha (MDF), sentetik reçine emdirilmiş kağıt kaplı yonga ve lif levha (YLLAM, MDFLAM) ve iki değişik yoğunlukta yönlendirilmiş yonga levhalar (OSB1, OSB2) kullanılmaktadır. Bu konuda kimyasal deneyler zayıf kalmakta, kullanıcıda etkileri daha uzun soluklu algılanmaktadır. Deney örnekleri fiziksel özelliklerden rutubet, yoğunluk, kalınlığa şişme değerleri, mekanik özelliklerden de statik yük altındaki yüzeye dik çekme, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değerleri, kenardan ve yüzeyden vida ve minifiks tutma mukavemetleri, panel rijitliği değerleri ilgili standartlara uygun olarak belirlenmektedir. TS EN 386 (1999)'ya göre lamine ahşap; ahşap kaplamaların lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır.<sup>236</sup> Dayanıklı tutkallarla (üreformaldehit, melamin formaldehit, fenol formaldehit) yüzeysel olarak yapıştırılmış kaplama ve kerestelerden üretilen malzemelerle daha büyük boyutlu ahşap malzemeler elde edilmekte, böylece masif haldeki ahşap malzemenin kullanımını sınırlayan bir takım

<sup>236</sup> TS EN 386, "Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim Şartları", T.S.E., Ankara, 1-4, 1999.

sakıncalı yönleri giderilmiş olmaktadır.<sup>237</sup> Masif malzemeye göre daha kusursuz ve büyük boyutlarda elde edilebilmesi ve yüksek direnç özellikleri gösteren bir yapı malzemesi olması iyi özellikleri olarak sıralanabilir. Önceleri, genellikle yapı endüstrisinde kullanım alanı bulunan lamine ağaç malzeme, 20.yüzyılda mobilya endüstrisinde de kullanılmaya başlanmış ve iç mekanlara girmiştir. Bunun nedenleri, Lamine ağaç malzemelerin, gerek yapı gerekse mobilya üretiminde kullanılması, bu malzemelerin ve bu malzemelerle oluşturulan sistemlerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine girilmiştir. Kimyasal çevresel ve en önemlisi sağlığa getirdiği etkiler sonradan gelmiştir. İç Mimari tasarımlarında ve mobilya tasarımında estetik tasarımın önemi kadar mühendislik tasarımı da önemli bir yer tutmaktadır. Kullanılan malzeme ile ilgili ekonomik, çevresel ve kimyasal standartlar ancak konu sağlık olduğu farkedilince önceliği almaktadır.

#### **4.1.3. AHŞAP ESASLI LEVHALARDA KULLANILAN FORMALDEHİT BAZLI YAPIŞTIRICILAR**

20. yüzyılda ağaç işlerinde kullanılan formaldehit içermekte olan sentetik tutkallar, termosetler arasında yer alan üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit, resorsinol formaldehit yapıştırıcılarıdır. Termoset yapıştırıcılar, bir katalizör veya ısı yardımıyla kimyasal bir değişime uğrayarak belirli bir sürede katı, erimeyen ve çözünmez bir duruma gelmektedirler. Bir defa sertleştikten sonra da reaksiyonun geri dönüşü olamamaktadır. Bu nedenle lif levha üretiminde tercih edilmektedirler.

Akbulut'a göre (1999); "Ahşap esaslı levha endüstrisinde yaygın olarak üre-formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. Fenol-formaldehit, melamin-formaldehit ve izosiyanat tutkalları ise özel durumlarda kullanılabilir." <sup>238</sup>

*Üre formaldehit* (UF) tutkalı, üre ile formaldehitin yapay reçinesinin reaksiyonu sonucu oluşan termoset tutkaldır. Kuru ve sıvı halde elde edilebilmektedir. Tutkalı

---

<sup>237</sup> Kurtoğlu,A., "Yapıştırılmış Lamine Ağaç Yapı Elemanları", Mobilya Dekorasyon Dergisi, Yıl 4, Sayı 21, 10-16, 1997.

<sup>238</sup> Akbulut, T., 1999. Dünyada ve Türkiye'de MDF Endüstrisinin Genel Durumu,Laminart Dergisi, Ağustos-Eylül, Sayı 3.

oluşturan üre ve formaldehitin karışım oranları değiştirilmek suretiyle farklı özellikte tutkallar elde etmek mümkündür. Üre formaldehit tutkalı ekonomikliği nedeniyle, özellikle kaplamalı işler, ahşap işler, pres kapı, yonga levha ve kontrplak üretimi gibi, ağaç işlerinde tercihle kullanılan yapıştırıcıdan biridir.<sup>239</sup>

*Fenol formaldehit (FF)* tutkalı, ana bileşenleri, fenol ve formaldehittir; sentetik polimer sınıflarının en eskisidir. Fenol ham petrolden elde edilir. 120 °C sıcaklığın üzerinde kurlenir ve rutubete dayanıklı yapıştırma sağlar. Bu tutkallar yüksek mukavemet, ahşap malzemeye iyi nüfuz edebilme ve üstün yapıştırma özelliklerinden dolayı laminasyon ve kompozitlerde kullanılmaktadır.<sup>240</sup>

Gerengi ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptıkları çalışmada; “Fenol formaldehit sıvı halde % 47’lik katı madde içermektedir. Tutkal, lamine ağaç malzemedey tabakalı ağaç malzeme üretiminde kullanılmaktadır. Fenol formaldehit kondenzasyonu asidik veya alkali ortamda olmaktadır. Kondenzasyon suda çözülebilir durumda iken nötrale edilmektedir” demişlerdir.

Fenol formaldehit, yüksek moleküler ağırlığı olması sebebiyle, dış hava şartlarına, çeşitli asit mantar ve bakterilere, yağ ve asit çözücülerine karşı dayanıklıdır. Sert iklim koşullarına karşı dayanıklılık gerektiğinde, dış çevre şartlarında uzun süreli kalacak k malzemelerde fenol formaldehit tutkalının kullanılması tercih edilmektedir.

Bozkurt ve Göker’e (1985) göre; “Fenol formaldehit reçine tutkalının derine nüfuz etme ve odun çeperini şişirme özelliğinden dolayı, sertleştiğinden oldukça mükemmel dayanımlı boyutsal bir stabilize sağlar.”<sup>241</sup>

*Melamin formaldehit reçinelerinin* üretimi de üre formaldehit reçinelerine benzemektedir. Kondenzasyon olayı üre formaldehit reçinesinde olduğu gibidir. Melamin (1,3,5-triamino-2,4,6-triazine) ve formaldehitten oluşan önemli amino

---

<sup>239</sup> Gürtekin, A., Oğuz, M., 2002. Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim bakanlığı Yayınları, İstanbul

<sup>240</sup> Frihart, C.R., 2005. Wood Adhesion and Adhesives: Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, Boca Raton, Florida: CRC Press, p:215-278

<sup>241</sup> Bozkurt, A. Y., Göker, Y., 1985, Yonga Levha Endüstrisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 263.

reçinelerindedir. Pahalı bir tutkal olduğu için genellikle üre formaldehit (UF) tutkalına ilave edilerek kullanılır.

Melamin formaldehit, üre formaldehit ile fenol formaldehit arasında bir çalışma performansı verir. Dekoratif laminantlarda, tutkallarda, kaplamalarda ve diğer ürünlerde kullanılan sert ve katı bir polimerik maddedir. Düşük yanıcılık özelliğindedir.<sup>242</sup> Melamin reçinesi maliyeti pahalı olduğu için üre formaldehit kadar kullanılmaz, ama melamin reçinesine üre katılıp ucuzlatabilmektedir. Melamin reçinesi daha çok kat ve tabakalar halinde yapıştırılan ve kaynatmaya karşı dayanıklılık isteyen ağaç malzemenin yapıştırılmasında kullanılır<sup>243</sup>. Bu nedenle çoğunlukla tabakalı ahşap esaslı malzeme üretiminde ve yüzeylerin kaplanmasında tercih edilmektedir.

*Resorsin-formaldehit tutkalı*, tekstil ve seramik malzemelerin yapıştırılmasında ve yüksek frekanslı yapıştırımlar için uygun bulunmaktadır. % 50–60 katı madde içeren resorsin formaldehit tutkalı, sıvı halde piyasadadır. 20 °C sıcaklıkta 9–12 ay depolanabilmektedir. Resorsin reçinesi +20 °C’ de, 3–6 saatlik bir süre içerisinde sertleşir ve yapışma özelliğini kazanmaktadır.<sup>244</sup>

Resorsin, fenole kıyasla iki kat daha aktiftir. Bundan ötürü formaldehite karşı çok düşük sıcaklıklarda dahi reaksiyon göstermekte ve malzemeye zarar vermeden soğuk yapışma mümkün olmaktadır. Dolayısıyla resorsin-formaldehit tutkalı, fenol formaldehit tutkalından daha üstündür.<sup>245</sup>

---

<sup>242</sup> Kaya, F., 2004. Ana Hatları ile Yapıştırıcılar, Birsen Yayınevi, İstanbul

<sup>243</sup> Güler, C., Özen, R., Kalaycıoğlu, H., 2001. Pamuk Saplarından Üretilen Yonga Levhaların Bazı Teknolojik Özellikleri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 4-1:99-108

<sup>244</sup> Güler, C. 2001. Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Saplarından Yonga Levha Üretimi Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

<sup>245</sup> Kalaycıoğlu, H., 1991. Sahil Çamı Odunlarının Yonga Levha Üretiminde Kullanılması İmkanları, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

## 4.2. AHŞAP ESASLI LEVHALARIN İÇ HAVA KALİTESİNE ETKİLERİ VE ALINACAK ÖNLEMLER

Ahşap malzemelerden üretilen mobilyalar ve iç mimari malzemeleri iç mekanlarda kullanılmaktadır. Formaldehit, orman ürünleri endüstrisinde üre, melamin ve fenol reçineleri ile kondense edilerek lif levha gibi ahşap esaslı malzemelerin üretiminde yapıştırıcı formunda yaygın olarak bulunmaktadır.<sup>246</sup> Konut, okul ve iş yerlerinde mobilya ve dekorasyon işlerinde kullanılan ve formaldehit esaslı tutkallarla üretilmiş yonga levha, lif levha ve kontrplaklardan formaldehit salınımı olmaktadır. Bu nedenle formaldehit günlük kapalı mekanlarda en sık saptanan kirleticilerindendir. İç ortam donatısında kullanılan ahşap esaslı levhalardan oluşan formaldehit emisyonu iç ortam hava kalitesini ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Formaldehit esaslı tutkallarla üretilen ahşap esaslı malzemelerde zamanla, kullanım yerindeki sıcaklık, rutubet, ışık vb.koşullar etkisiyle formaldehit emisyonu olabilmektedir. Levhalardan çıkan Formaldehit salınım değeri ortam sıcaklığı ve ortam neminin artması ile yükselebilmektedir. Formaldehit esaslı yapıştırıcılarla birleştirilmiş ahşap malzemelerden formaldehit emisyonu; kullanılan ahşap malzemenin türüne, ahşap malzemeyi hazırlama işlemlerine ve kullanılan tutkal reçetesine bağlı olarak değişmektedir.<sup>247</sup> Bölüm 3 'te ayrıntılı olarak bahsettiğim sağlık konusu göz önüne alındığında, ahşap esaslı levhalardan çıkan Formaldehit seviyesi kapalı ortamlarda normalde 0,03 ppm 'in altında olmalıdır. Hastalık belirtilerinin ortaya çıktığı düzey ise 0,10 ppm-1.1 ppm aralığı olarak tespit edilmiştir<sup>248</sup>. Normalde formaldehit insan vücudunda formik aside okside olabilmekte ve idrar yoluyla atılmaktadır. Fakat belli orandan fazla insan vücuduna girmesi (> 1 ppm) halinde, merkezi sinir sistemi ve solunum yollarında önemli sorunlar oluşabilmektedir<sup>249</sup>. Formaldehit Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu tarafından, kanserojen özellikte bir madde olarak Grup 2A olarak sınıflandırılmıştır.

---

<sup>246</sup> Şahin, H.T. 2005. Formaldehid Tutkalı ve Folmaldehid Emisyonu, Laminart, Sayı:39, 2005.

<sup>247</sup> Salthammer, T., Mentese, S., Marutzky, R., 2010. Formaldehyde in the indoor environment, *Chemical Reviews*, DOI: 10.1021/cr800399g 99g

<sup>248</sup> Marutzky, R., 1994. Release of Formaldehyde by Wood Products, Forest Product Society, Report No: 94RS100R.

<sup>249</sup> Şahin, H.T. 2005. Formaldehid Tutkalı ve Folmaldehid Emisyonu, Laminart, Sayı:39, 2005.

Doç.Dr. H. Turgut Şahin ve arkadaşları, Formaldehit emisyonu sonucu oluşan zararlı etkilerden korunmak için; tutkalların üretilmeleri ve ilk kullanımları esnasında ve ürünlerin son kullanım yerlerinde aşağıdaki yöntemlerin uygulanabileceğini söylemiştir.<sup>250</sup>

‘Tutkal reçetesinin hazırlanması sırasında sisteme bir takım formaldehit tutucu kimyasalların ilave edilmesi gerekir; fazladan üre, fenol veya melamin reçinesinin ilave edilmesi, serbest formaldehit’in tutulması açısından önemlidir. En basit tedbir olarak ise tutkal karışımındaki formaldehit/üre oranının (F/Ü) 1 veya 1’e yakın olarak uygulanması verilebilir. Ayrıca, tutkallama işleminin yapıldığı alanlarda havalandırma ve hava sirkülasyonun iyi olması ve tutkallama yapılacak ahşap malzemenin rutubet içeriğinin düşük olması önemlidir. Genel olarak yonga levha üretiminde kullanılacak ahşap yongaların rutubetinin %3 ü geçmemesi, kontrplak tabakalarını oluşturacak soyma kaplama levhaların ise %8 den yüksek olmayan rutubet içeriğine sahip olması gerekir. Tutkalın sertleştikten sonra serbest formaldehit tutulabilmesi için uygun formülasyonda hazırlanmış sertleştirici, dolgu ve katkı maddeleri ile katalizatörlerin kullanılması’da formaldehit ayrışmasını önlemede yardımcı olabilmektedir. Formaldehit esaslı tutkallarla üretilmiş ürünlerin son kullanımları esnasında alınacak tedbirler şöyledir: Formaldehit esaslı tutkallar ile üretilmiş ürünlerin kullanım yerlerinde uygun hava sirkülasyonu sağlanmasıdır. Böylece, birim hacimdeki formaldehit konsantrasyonu etkili şekilde zararlı seviyenin altına indirilebilir. Ayrıca, ürünlerinin son kullanım yerinde sürekli rutubet veya atmosferik şartların etkisine maruz kalması, dolayısıyla ürünlerin şişmesi ve boyutlarının değişmesi önlenmelidir. Bu bakımdan tüketicilerin bilinçlendirilerek, kalite ve standartlara uygunluğu belgeli mobilyaların satın alması önerilmelidir. Ahşap esaslı levhaların kenarlarından açığa çıkan formaldehit miktarı, yüzeylerinden

---

<sup>250</sup> Doç.Dr H.Turgut Şahin1, Prof.Dr. Mümin Filiz2, Öğr. Gör. Ali İhsan Kaya3,Yrd. Doç.Dr. Abdullah Sütçü1, Araş. Gör. Pınar Usta2, Orman End. Müh. Mustafa ÇİÇEKLER1,Orman End. Müh. Cihan BOZKURT1; Ahşap Esaslı Malzemelerden Formaldehit Emisyonu Ve Etkileri;1 Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü,3Mehmet Akif Üniversitesi, Burdur Meslek Yüksek Okulu, Burdur

çok daha yüksektir. Formaldehit içeren tutkallarla üretilen ürünlerin kenar kaplamaları olmalı veya değişik şekillerde de olsa enine kesitler işlem görmelidir. Sertleşmiş tutkal tabakasındaki bozunma derecesinin azaltılması için formaldehit'i tutma özelliğindeki bazı kimyasalların örneğin amonyak kullanılmasında emisyonun azaltılmasına yardımcı olmaktadır<sup>251</sup>. Üretilmiş ürünleri sevk edilmeden önce uygun şartlarda, tesislerde kondisyonlanma işlemine tabi tutulması ve tüketicilere bu durumda sunulması gerekmektedir. Formaldehit'in sebep olduğu sorunlarının önlenmesinde, havalandırmanın iyi yapılması ve havada ki formaldehit oranının 0.1 ppm ( $120 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) aşağıda tutulması gerektiği unutulmamalıdır.'

#### **4.3. EMİSYONLARIN TAYİNİ VE KULLANILAN TEST YÖNTEMLERİ**

İç ortam kirleticilerinin kaynaklarının tespit edilmesinde kullanılan test yöntemleri materyal analizi ve oda deneyleridir. İç ortamlarda bulunan iç mimari malzemeleri; mobilya, ahşap malzeme, halı, duvar kağıdı gibi malzemeler ile duvar boyası ve izolasyon malzemeleri gibi inşaat malzemelerinin içerdikleri kirletici emisyon potansiyelleri bu metotlar kullanılarak tespit edilebilmektedir. Bu malzemelerin neden olduğu emisyonlar; sıcaklık, bağıl nem, hava değişim hızı gibi parametrelerin sabit tutulduğu, belirli yüklemeye faktörüne ve hacme sahip özel odalar kullanılarak belirlenebilmektedir. Bu odalar temiz hava kaynağı ile sirküle edilmektedir.<sup>252</sup> Test odaları, paslanmaz çelik veya cam malzemedeki yapılarak, etkileri azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu testler, tespit edilmesi hedeflenen kirletici türüne ve analizi yapılacak materyalin türüne göre standardize edilmiştir.

Bu testler ithalat ve ihracatı yapılan ürünlerde kalite belirleyicisi olarak da kullanılabilir. Kullanıcılar kullandıkları ürünlerin hakkında bilgileri etiketlerden alabilmektedirler. Aynı anda uzun vadedeki etkilerden, kimyasal

---

<sup>251</sup> Şahin, H.T. 2005. Formaldehid Tutkalı ve Folmaldehid Emisyonu, Laminart, Sayı:39, 2005.

<sup>252</sup> Doç.Dr.H.Turgut Şahin1, Prof.Dr. Mümin Filiz2, Öğr. Gör. Ali İhsan Kaya3,Yrd. Doç.Dr. Abdullah Sütçü1, Araş. Gör. Pınar Usta2, Orman End. Müh. Mustafa Çiçekler1,Orman End. Müh. C.Bozkurt1; Ahşap Esaslı Malzemelerden Formaldehit Emisyonu Ve Etkileri;1 Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü,3Mehmet Akif Üniversitesi, Burdur Meslek Yüksek Okulu, Burdur

etkileşmelerden kaynaklı sağlık problemleri yaşayabilecekleri konusunda da bilgilendirilmek haklarıdır. Bu metotların haricinde iç mekanlarda yaygın olarak kullanılan bazı ürünler için düşük UOB ve/veya formaldehit içerdiğini gösteren çeşitli sertifika sistemleri ile kullanıcıların bilgilendirilmesi sağlanabilmektedir.

### **4.3.1. UOB EMİSYONLARININ TESPİTİNDE KULLANILAN STANDART DENEY METODLARI**

1. ISO Standart Deney Metodu

2. ASTM Standart Deney Metodu

#### **4.3.1.1. ISO Standart Deney Metodu**

İç mimaride kullanılan çeşitli malzemelerin UOB emisyonu yayma özelliğinde olduğu sağlık açısından dikkat çeken bir konudur. Bu nedenle, ISO tarafından oluşturulan, birçok ülkenin dikkate aldığı ve laboratuarlarda uygulanan standart metodlar bulunmaktadır:

- ISO 16000-9: Emisyon test odası metodu.<sup>253</sup>
- ISO 16000-10: Emisyon test hücresi metodu.<sup>254</sup>
- ISO-16000-11: Test materyalinin örnekleme, örneklerin saklanması ve hazırlanması.<sup>255</sup>

İlk iki test metodunda bina malzemeleri ve ahşap eşyalardan yayılan UOB emisyonlarının belirlenmesinde kullanılan oda metodlarının detayları anlatılmaktadır. Her iki metodu da, üreticiler, inşaat sektörü çalışanlarına ve kullanıcıya kullanılması planlanan malzemenin UOB yayma potansiyeli hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu şekilde kullanılan malzemelerin kalitelerinin artırılması da teşvik edilmektedir.

<sup>253</sup> ISO 16000-9, “Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing-Emission test chamber method”, 2006.

<sup>254</sup> ISO 16000-10, “Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing-Emission test cell method”, 2006

<sup>255</sup> ISO-16000-11, “Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing-Sampling, storage of samples and preparation of test specimens”, 2006.



Emisyon test odası metodunda, test hücresi metoduna göre daha yüksek hacimler içerisine yerleştirilen test malzemesi, belirli hava değişim oranı, sıcaklık (23 °C) ve bağıl nem değeri(%50) koşullarında temiz hava ile sirküle olan yerde (yani oda veya hücrede) belirli bir süre (3gün-28 gün)tutulan malzemeye ait alan spesifik UOB profili belirlenmektedir. Bu amaçla test odası veya hücresine yerleştirilen örnek alma portundaki sorbent tüpleri kullanılmaktadır.

ISO 16000-11 ise bu test metodlarında kullanılması planlanan malzemelerin örnekleme, örneklerin saklanması ve hazırlanması konularını içermektedir. Test materyallerinin seçim kriterlerini (katı madde, sıvı madde, ve kombine madde) ve analize hazırlanma prensiplerini anlatmaktadır.

#### 4.3.1.2. ASTM Standart Deney Metodu

ASTM standartları ISO standartları ile kurulum açısından benzemektedir. Metodların çalıştırılma koşulları ile ilgili bilgiler ASTM standartları ve içeriği şöyledir:

- ASTM Standartı D 6670-01: İç ortamdaki materyaller/ürünlerden kaynaklanan UOB emisyonlarının büyük çaplı oda deneyi ile tespiti yapılmaktadır. Tipik bir oda büyüklüğündeki kontrollü oda içerisine yerleştirilen test materyalleri, normal koşullardaki boyutlarında olacak şekilde test edilmektedir. Test koşulları: 23 °C, % 50 bağıl nem (RH), saatlik hava değişim hızı (ACH): 0.5h-1, test materyalinin yüzeyindeki hava hızı: 0.05-0.25 m/s, oda paslanmaz çelik malzemeden yapılmıştır.

Prosedür: Anlık veya sorbent tüpü ile toplanan UOB örnekleri GC/MS-FIDve/veya HPLC'de analizi yapılarak materyale ait alan-spesifik emisyon hızı hesaplanmaktadır.<sup>256</sup>

- ASTM Standartı Deney D 6330-98: Ahşap- esaslı panellerden kaynaklanan formaldehit hariç diğer UOBlerin belirli test koşulları altındaki küçük çevresel odalarda emisyonları belirlenmektedir: 23°C, % 50 RH, ACH: 1 h-1, oda hacmi: 0.05 m<sup>3</sup>, 0.3x0.3 m boyutlarında test materyali

---

<sup>256</sup> ASTM D 6670, "Practice for full-scale chamber determination of volatile organic emissions from indoor materials/products", 2001.

Prosedür: oda kör numunesi alındıktan 1 ve 3 gün sonra adsorbent tüpü ile 10L örnek alınır ve GC/FID veya GC/MS’de analiz yapılmaktadır.<sup>257</sup>

• ASTM Standartı Deney D 5116-97: İç ortamdaki materyaller/ürünlerden organik emsiyonlarının küçük ölçekli odalarda belirlenmektedir: oda hacmi: <5 m<sup>3</sup>, 23-35 °C, % 50 RH, ACH: 0.5-2 h-1.

Prosedür: Sorbent tüpü veya hava geçirmeyen cam tüp kullanılarak örnekler toplanmaktadır.<sup>258</sup>

### **4.3.2. FORMALDEHİT EMİSYONLARININ TESPİTİNDE KULLANILAN STANDART DENEY METOTLARI**

Formaldehit emisyonu, üretim sürecinden sonra hava ile temas eden malzemenin (örneğin ahşap esaslı) ortamdaki bağıl nem ile formaldehitin çözülerek havaya karışması olarak ifade edilmektedir.<sup>259</sup>

Formaldehit emisyonuna özellikle iç mimaride çok kullanılan ahşap esaslı malzemelerin sebep olduğu bilinmektedir. Formaldehit, iç ortamlarda birçok kaynağının bulunduğu ve insan sağlığında büyük etki hatta kanser yaptığı<sup>260</sup> belirlendikten sonra, en dikkat çeken ticari kimyasallardan biri olarak literatüre girmiştir. Bu nedenle dünya piyasalarında formaldehit emisyonuna neden olan ürünler Avrupa Birliği ve Japonya gibi ülke ve kuruluşların kalite sınıflarına (E1 ve F\*\*\*\*) göre piyasaya sürülerek çevre dostu yeşil malzeme olarak rekabete katılmaktadır.<sup>261</sup> Formaldehit emisyonlarının tayini için çeşitli standart metotlar

---

<sup>257</sup> ASTM D 6330, “Practice for determination of volatile organic compounds (excluding formaldehyde) emissions from wood-based panels using small environmental chambers under defined test conditions”, 1998.

<sup>258</sup> ASTM D 5116, “Guide for small-scale environment chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products”, 1997.

<sup>259</sup> Özalp, M., 1996. Kontraplaklarda Dolgu Maddesi Oranının eğilme Mukavemeti ve Formaldehit ayrışmasına Etkisi, Y.L. Tezi, Dumlupınar Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 1996.

<sup>260</sup> IARC, “Monographs of the evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxy-2-propanol”, WHO, 88, Lyon, France, 2006.

<sup>261</sup> Salthammer, T. and Mentese, S., 2008. Comparison of Analytical Techniques for the Determination of Aldehydes in Test Chambers, Chemosphere, 2008, 73:1351-1356.

kullanılmaktadır. Konu ile ilişkili Avrupa Birliği, Japonya ve ISO standart deney metodları aşağıda özetlenmektedir:

#### 4.3.2.1. Avrupa Birliği Standart Deney Metodu

- EN 717-1 (2004): Ahşap-esaslı paneller-formaldehit salınımının belirlenmesi- Bölüm 1: Oda deney metodu ile formaldehit emisyonu (Oda test metodu): Oda hacmi: 225 L-1 m<sup>3</sup>, yükleme faktörü: 1m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, ACH: 1 h-1, 23 °C, % 45 RH.<sup>262</sup>
- EN 717-2 (1994): Ahşap esaslı paneller formaldehit salınımının belirlenmesi- Bölüm 2: Gazanaliz metodu ile formaldehit salınımı (Gaz analizi metodu): Oda hacmi: 4L, 0.4x0.05 mboyutlarında test materyali, ACH: 15 h-1, 60 °C, ≤ %3 RH.<sup>263</sup>
- EN 717-3 (1996): Ahşap esaslı paneller formaldehit salınımının belirlenmesi- Bölüm 3: şişemetodu ile formaldehit salınımı (Şişe metodu): Oda (şişe) hacmi: 500 ml, 25x25 mmboyutlarında ve 20 g ağırlığında test materyali, 40 °C, 100% RH.<sup>264</sup>
- EN 120 (1993): Ahşap esaslı paneller formaldehit içeriğinin belirlenmesi- perforatör metodu olarak adlandırılan ekstraksiyon metodu (perforatör metodu): 25x25 mm boyutlarında ve 110 g ağırlığında test materyali, 110 °C’de toluen ile ekstrakte edilmektedir.<sup>265</sup>

#### 4.3.2.2. Japon Standartı Deney Metodu

Japon standart deney metodu Avrupa Birliği standart deney metodu ile benzerlik olmakla beraber, kullanılan odaların hacminde ve test materyallerinin alanlarında farklılıklar bulunmaktadır.

- JIS A 1460 (2001)<sup>266</sup> ve JAS MAFF 233 (2003):<sup>267</sup>

---

<sup>262</sup> EN 717-1, “Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 1: formaldehyde emission by the chamber method”, European Standard, October 2004.

<sup>263</sup> EN 717-2, “Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 2: formaldehyde release by the gas analysis method” European Standard, November 1994.

<sup>264</sup> EN 717-3, “Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 3: formaldehyde release by the flask method” European Standard, March 1996.

<sup>265</sup> EN 120, “Wood-based panels—determination of formaldehyde content—extraction method called perforator method”, 1993

<sup>266</sup> JIS A 1460, “Building boards. Determination of formaldehyde emission—desiccator method”, Japanese Industrial Standard, March 2001.

Bina panelleri: Formaldehit emisyonlarının belirlenmesi- desikatör metodu (desikatör metotları): Oda hacmi: 9-11 L, Test materyalinin alanı: 0.18 m<sup>2</sup>, ön-şartlandırma, 20 °C, %0-80 RH.

- JIS A 1901 (2003): Bina malzemelerinden kaynaklanan UOB ve aldehit emisyonlarının belirlenmesi-küçük oda metodu (küçük oda metodu): Oda hacmi: 20 L-1m<sup>3</sup>, yükleme faktörü:2.2 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, 28 °C, %50 RH, ACH: 0.5 h-1.<sup>268</sup>

#### 4.3.2.3. ISO Standardı Deney Metodu

- ISO/CD 12460 (2005):oda metodu: 1m<sup>3</sup>, 23 °C, %50 RH, 1h-1.<sup>269</sup>

Test metotları kullanılarak çeşitli malzemelere ait özel emisyon hızları araştırılmaktadır. Toz veya biyolojik toz, iç mekan hava kirleticilerinin durumları da bu metotlar kullanılarak belirlenmektedir. Bu metotların kontrollü bir ortam olması nedeni ile bazı kimyasalların bazımalmazemeler ile zamanla etkileşimi de tespit edilebilmektedir. Ozonun bazı malzemelerle olan etkileşimi sonucunda yeni kimyasal maddeler oluşmaktadır. Bu kimyasal maddelerin hangi sıcaklık, nem gibi koşullarda daha yüksek veya az seviyede oluştuğu da incelenmektedir.

Vırta, J., ve arkadaşları tarafından, 2005 yılında nem, hava hızı ve sıcaklık gibi faktörlerin bina malzemelerindeki kimyasal, fiziksel ve biyolojik emisyonlara olan etkisi incelenmiştir. Bu üç parametre değerleri değiştirilerek partikül, toplam UOB ve mikrobiyolojik seviyelerin düşürülmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Yapı ve iç mekan donatısı malzemelerinden kaynaklanan istenmeyen olumsuz etkilerin iç ortam hava kalitesine olan etkisi, inşaat malzemelerinin kalitesine, sıcaklık ve nem koşullarına karşı dayanıma ve inşaat işlerinin kalitesine bağlıdır.<sup>270</sup>

---

<sup>267</sup> JAS 233, “Japanese Agricultural Standard for plywood”, Japanese Agriculture Standard, February 2003.

<sup>268</sup> JIS A 1901, “Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes for building products—small chamber method”, Japanese Industrial Standard, January 2003.

<sup>269</sup> ISO/DIS 12460, “Wood-based panels—determination of formaldehyde release—formaldehyde emission by the 1 m<sup>3</sup> chamber method”, Draft International Standard, January 2005.

<sup>270</sup> Vırta, J., Koivula, M., Hussein, T., Koponen, S., Hakkaramen, H., et al., “Emissions from thermal insulations-part 1: development and characteristics of the test apparatus”, Building and Environment, 40, 797-802, 2005

Salthammer, T., Mentese, S, 2008 yılında, konut odası tasarımındaki bir odayı daha büyük başka bir kontrollü oda içerisine yerleştirerek normal ev ortamı ve dış atmosfer koşulları oluşturulmuştur. Mineral yün ile izole edilen ve mobilya, halı ve duvar kaplaması ile dekorasyonu yapılan bu odadaki UOB, formaldehit ve diğer aldehitlerin değişimleri incelenmiştir. Halı kaplama ve mobilya ilavesinden sonra gaz kirleticilerin seviyesinin belirgin olarak arttığı tespit edilmiştir.<sup>271</sup>

Pasif örnekleyicilerin tutma sabitlerinin hesaplanması amacıyla da oda deneylerinden faydalanılmaktadır. Tutma sabitleri çeşitli faktörlerden (sıcaklık, nem, sorbent, maruz bırakılan süre ve girişim) etkilenmektedir. Bu nedenle tutma sabitleri için standart değerlerin oluşturulması ve kullanılması önemlidir.<sup>272</sup>

#### **4.4.TÜRKİYE'DE ÜRETİMİ OLAN FİRMALARIN MDF FORMALDEHİT SALINIM DÜZEYLERİ**

Bu çalışmada Türkiye'de üretimi olan firmalar tek tek araştırılıp ilgili kişilere ulaşılmıştır. Yapılan görüşmelerle firmaların MDF ürünleri hakkında üretimleri, hedefleri, güncel formaldehit oranları hakkında bilgiler toplanmıştır. Bu bilgiler firma adları ve kişiler gizli tutularak derlenmiştir.

Türkiye'de kullanılan standartlar aşağıdaki gibidir:

E2 (EN 120'ye göre) :  $\leq 30$  mg/100gr,

E1 (EN 120'ye göre) :  $\leq 8$  mg/100gr,

E1/2 (EN 120'ye göre) :  $\leq 5$  mg/100 gr.

##### **A FİRMASI**

Fabrikalarında güncel olarak E1 ve E1/2 olarak üretim yapılmaktadır. Üretim müşteri-Pazar talebine göre gerçekleşmektedir. Genelde E1 üretimlerde ölçülen değerler (üretim çıkışı) 6-8 mg/100 gr, E1/2 ürünlerde de 3-5 mg/100 gr civarında

<sup>271</sup> Salthammer, T., Mentese, S., "Comparison of Analytical Techniques for the Determination of Aldehydes in Test Chambers", Chemosphere, 73, 1351-1356, 2008.

<sup>272</sup> Gonzales-Flesca, N., Frezier, A., "A new laboratory test chamber for the determination of diffusive sampler uptake rates", Atmos Environ., 39, 4049-56, 2005.

ölçülmektedir. 7/24 üretim gerçekleşmekte ve her gün ölçüm yapılmaktadır. Üretim çıkışında ölçülen değerler ambarda durdukça bir miktar daha düşmektedir.

#### B FİRMASI

Ürünlerinin E2 değerli olduğunu sözel olarak bildirmişlerdir.

(E2 (EN 120'ye göre) :  $\leq 30$  mg/100gr,)

#### C FİRMASI

Sınıf A EN 120 formaldehit  $\leq 8$  mg/100 gr

Sınıf B EN 120 formaldehit  $>8$  ---  $\leq 30$  mg/100 gr

#### D FİRMASI

E1 sınıfı olan ürünü sadece 15 mm 1830 en ve 3660 boy ebatta olmaktadır. Bu ürünün formaldehit salınımı  $\leq 8$  mg/100 gr

Diğer ebatta olanlar E2 sınıfındadır.

#### E FİRMASI

E0, E1, E2 MDF üretebilmektedir.

E0, E1 yurtdışı pazarında istenmektedir. Yurtiçi pazarında %99 E2 talep edilmektedir.

E0 10.12.2015 tarihinde alınmıştır. Yurtdışı pazarı talep etmektedir.

Çizelge 4.2.'de Türkiye'deki MDF üretimi yapan firmalarının beyan ettikleri formaldehit ürün standartları hakkında bilgiler verilmektedir.

**Çizelge 4.2.**Türkiye’deki MDF Üretimi Yapan Firmalarının Beyan Ettikleri Formaldehit Ürün Standartları

FİRMA	ÜRÜN	FORMALDEHİT mg/100gr	SINIFI	AÇIKLAMA	METOD
A	A1	6-8	E1	7/24 üretim yapılıyor. Üretim çıkışında ölçülen değerler ambarda dururken düşüyor.	EN 120
	A2	3-5	E1/2	7/24 üretim yapılıyor. Üretim çıkışında ölçülen değerler ambarda dururken düşüyor.	EN 120
B	B Tüm	≤ 30	E2	Sözel olarak bildirdi	
C	C1	≤ 8	E1	Yazılı belgesi var	EN 120
	C2	≤ 30	E2	Yazılı belgesi var	EN 120
D	D1	≤ 8	E1	Yazılı belgesi var	
	D2	≤ 30	E2		
E	E1		E0	Yeni belge aldı	
	E2	≤ 8	E1	Yazılı belgesi var	
	E3	≤ 30	E2	Yurtiçi pazarından talep ediliyor.	

Görüşmelerden edinilen bilgiler çerçevesinde; firmalar arz talep üzerine çalışmaktadırlar. İç piyasa fiyat ürün dengesi çerçevesinde hareket etmektedir. Üretici firmalar son kullanıcıya kendileri ulaşamadıkları için ürün kalitesinden bahsedememektedirler. Bu sebeple mobilya üreticilerinin, ürünü seçen alıcının ve kullanıcının bilinçlenmesi gerekmektedir. Bunu destekleyen ve teşvik eden en önemli unsurun da devlet yaptırımları olduğu açıktır.

Yurt dışı piyasası ürünlerin sınıfını kesinlikle bilmek istemektedirler. E1, E1/2, E0 sınıfı ürünler yurtdışı piyasasında aranmaktadır. İhraçat yapılacak ürünlerde mal sevkiyatından önce yurtdışı müşteriler ürünleri kendileri de kontrol ölçümleri ile test etmektedirler. Uygun bulmaları durumunda alım gerçekleşmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Zamanın büyük bir bölümü kapalı ortamlarda geçtiği günümüzde; kapalı ortam hava kirliliği ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri önemli bir sorundur. Sağlıklı ve verimli bir yaşam için soluduğumuz havanın sağlıklı olması, kabul edilebilir iç hava kalitesinin sağlanması gerekir. Bunun için yeterli miktarda temiz havanın verilmesi, kirleticilerin kontrol edilmesi ve ısı konforunun sağlanması gerekmektedir. İç hava kalitesinin periyodik olarak izlenip kontrol edilmesi gerekir. Ayrıca Türkiye’de farklı amaçlar için kullanılan kapalı ortamlar için iç hava kalitesi ile ilgili standartların ortaya konulması ve uygulanması gerekmektedir.

Sonuç olarak, yapılan çalışmalar yapı malzemelerinin iç mekan donatılarının insan sağlığına ne kadar çok zarar verebildiğini, akciğer rahatsızlıkları, kanser, kan ve kemik iliği hastalıkları, solunum sistemi ve mukozada rahatsızlıkları, enfeksiyonlar, allerji ve psikolojik etkiler yarattığını göstermektedir.

Dünyada ve ülkemizdeki çalışmalar sonucunda özellikle kalabalık ve hava kirliliğine karşı hassas olan yaş gruplarının bulunduğu ve gün boyu aktivitenin yoğun olduğu ortamlarda iç ortam havası kirlilik miktarlarının oldukça geniş bir aralıkta değişim gösterdiği, ancak özellikle kış mevsiminde çok yüksek seviyelerde olduğu; nemli ve sıcak bölgelerde iç ortam kirlilik seviyelerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Formaldehit içeren malzemelerin kullanım miktarı, uygulamadan sonra geçen süre, havalandırma şartları ve sıcaklık en önemli nedenler olarak görülmektedir. İç ortamdaki UOB ve Formaldehit konsantrasyonları, dış ortamın özelliklerinden etkilenmektedir. Trafiğin yoğun olduğu bölgelerde iç ortam UOB konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu bilinmektedir. Ayrıca iç ortamlarda sigara içilmesi özellikle formaldehit konsantrasyonunu belirgin şekilde artırmaktadır. UOB’lerin iç ortamdaki konsantrasyonu ve maruziyetin süresi, bu bileşiklerin sağlık



üzerindeki etkilerini belirlemektedir. Konsantrasyon ve süre arttıkça ortaya çıkan etkilerin şiddeti de artmaktadır. Bu çalışmalardan derlenen bilgiler çerçevesinde özellikle Ahşap Bazlı Lif levhaların formaldehit salınımlarının iç havayı kirlettiği ve yetersiz havalandırma ile de ölümcül olabilen pek çok sağlık problemlerini ortaya çıkarttığı görülmüştür.

İç ortam donatılarından kaynaklanabilecek sağlık etkilerini yok etmek için en etkili yöntem, yapısında zararlıları içeren malzemelerin kullanımını azaltmaktır. Kullanılacak ürün hakkında bilgi, üretici firma ve literatürden sağlanabilir. Ayrıca özellikle büyük ölçekli sanayi kuruluşlarında malzeme güvenlik dokümanları malzemenin güvenliği hakkında detaylı bilgiler sunmaktadır. Bunun dışında UOB ve formaldehit içerdiği bilinen malzemelerin kullanımı esnasında gerekli havalandırma koşulları sağlanmalı ve sıcaklığın 17-28°C aralığında kalmasına özen gösterilmelidir. İnşaatı yeni tamamlanmış binalarda boyama, zemin döşeme gibi işlemlerden ve yeni mobilyalardan kaynaklanabilecek uçucu organik bileşikler yüksek konsantrasyonlara ulaşacağından, taşınmadan önce belli bir sürenin geçmesi beklenmelidir. 21. yüzyılda iç mekanlarda sigara içilmesinin engellenmesi şarttır, bu uygulama formaldehit konsantrasyonunu önemli ölçüde azaltmaktadır.

İyi bir iç hava kalitesi oluşturmak için insan yoğunluklu yerlerde kontrollü havalandırma ve iklimlendirilme yapılmalıdır. İç kirleticilerin konsantrasyon değerleri, dışardan temiz hava verilerek ve kirlenen iç hava dışarı verilerek düşürülebilmektedir. Havalandırma sisteminde temiz hava ve atık hava kanalları olmalıdır. Dış hava kalitesi istenen değerlerde değilse çeşitli filtrelerden geçirilerek kullanılmalıdır.

Tüm dünyayı kapsayacak şekilde yapılan derleme çalışması göstermiştir ki, zaman geçtikçe insan sağlığı ve yapı malzemeleri arasındaki ilişki daha çok incelenmektedir. İç ortam hava kalitesi iyileştirme için risk değerlendirmesi ve yönetimi yapılarak bazı ana kirleticiler için sağlık esaslı değerlerin geliştirilmesi üzerinde çalışılmaktadır. Doğru seçilen yapı malzemeleriyle, insan sağlığını tehdit eden formaldehitten etkilenmemek mümkündür. Doğru standart verilerin uygulanması insana vereceği zararın önüne geçmek ve gereken önlemleri almak

sağlık için önemlidir. Yapılan çalışmalar sayesinde insanlar kendilerine zarar veren maddelerin farkına varabilecek ve yapı malzemelerini kullanma konusunda bilinç kazanabileceklerdir.

Ülkemizde ise ahşap bazlı ürünlerin formaldehit salınımları ve sağlığa zararları hakkında yapılmış bilimsel çalışmalar yurtdışındakilere göre sınırlıdır; konu ile ilgili tam bir yasal düzenleme yoktur. 20. yüzyılda özellikle insan ve kapalı mekan sayısı arttığından kapalı ortam hava kalitesini korumaya yönelik; kapalı ortamlarda sigara içme yasağı sürekli uyulması, ısıtma, havalandırma sistemlerinin ve yapı malzemelerinin, iç mekan donatılarının doğru seçilmesi gibi konulara öncelik verilmeli; yasal düzenlemeler ve denetlemeler yapılmalıdır. Ayrıca tüketicilerin bilinçlendirilerek, kalite ve standartlara uygunluğu belgeli ürünler satın alması önerilmelidir.

Bu çalışmada, materyallerin ISO, ASTM, Avrupa Birliği ve Japonya standartlarıyla nasıl analiz edildiği ve standart oda deneyleri de incelenmiştir. Bunlar, birçok ülke tarafından kabul edilmiş ve uygulanan test metotlarıdır. Bu deney metotların haricinde iç ortamlarda yaygın olarak kullanılan ürünler için UOB ve formaldehit içerdiğini gösteren çeşitli sertifikalarla müşterilerin; seçici, uygulayıcı ve kullanıcıların bilgilendirilmesi yoluna gidilmelidir. Ülkemizde yasal dayanağı olmayan iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi yönündeki girişimlerin Bakanlık düzeyinde ve gönüllü olarak sivil toplum kuruluşlarınca gündeme getirilmesi hedeflenmeli, çalışılmalı ve uygulanmalıdır.

Ahşap panel ürünlerinden açığa çıkan kabul edilebilir formaldehit seviyesi son on yıllık süre içerisinde devamlı olarak azalmaktadır. Formaldehit en son yeniden bir sınıflandırma ile Uluslararası Kanseri Araştırma Merkezi tarafından insan için kanserojen bir madde olarak tanımlanmıştır. Bu sebeple de endüstrideki otoritelerin düzenlemesiyle, çevre örgütü kullanıcı dernekleri ve işçilerin tepkileri, itirazları ve kaygılarıyla daha da önemli olmaya başlamıştır.

Çizelge 5.1.'de Avrupa, Avustralya, Amerika (Kanada'da geçerli) ve Japonya standartlarına göre formaldehit emisyonu bakımından ahşap esaslı panellerin sınıflandırılması verilmektedir.

Japon F\*\* emisyon sınıfı değeri, Avrupa'da Almanya düzenlemelerini esas alınarak yapılan düzenlemeler sonucunda kullanılan E1 sınıfı değerine eşdeğer ya da bu değerden daha yüksek bir emisyon anlamını ifade etmektedir. F\*\* ve F\*\*\*\* emisyon sınıfı değerleri ise E1 sınıfından çok daha düşük anlamına gelmektedir.<sup>273</sup>

**Çizelge 5.1.** Avrupa, Avustralya, Amerika ve Japonya'daki Ahşap Esaslı Paneller İçin Formaldehit Emisyon Standartları<sup>274</sup>

Ülke	Standart	Test Yöntemi	Levha sınıfı	Limit değeri
Avrupa	EN 1986	Kabin EN 717-1	E1-PB, MDF, OSB	$\leq 0.1$ ppm
		Perforatör EN 120		$\leq 8$ mg/100g
		Kabin EN 717-1	E1-PW	$\leq 0.1$ ppm
		Gaz Analizi EN 717-2		$\leq 3.5$ mg/hxm <sup>2</sup>
Kabin EN 717-1	E2-PB, MDF, OSB	$>0.1$ ppm		
Perforatör EN 120		$>8$ mg/100g		
Avrupa	EN 1986	Kabin EN 717-1	E2-PW	$\leq 30$ mg/100g
		Perforatör EN 120		$>0.1$ ppm
Avrupa	EN 1986	Kabin EN 717-1	E2-PW	$>3.5$ mg/hxm <sup>2</sup>
		Gaz Analizi EN 717-2		$\leq 8.0$ mg/hxm <sup>2</sup>

<sup>273</sup> Marutzky, R., and B. Dix. "Adhesive related VOC-and formaldehyde-emissions from wood products: Tests, regulations, standards, future developments." Proceedings of the COST E34 Conference, Innovations in Wood Adhesive, November. Vol. 4. 2004.

<sup>274</sup> Boran S., Usta M., Odun esaslı panellerde açığa çıkan formaldehit ve formaldehit sınırları hakkında bilgiler, Karadeniz T.Ü. Orman Mühendisliği, 2010

Avustralya	AS/NZS 1859-1 & 2	Desikatör AS/NZS4266.16	E0-PB, MDF E1-PB E1-MDF E2-PB, MDF	$\leq 0.5$ mg/L $\leq 1.5$ mg/L $\leq 1.0$ mg/L $\leq 4.5$ mg/L
U.S.A.	ANSI A208. 1 & 2 (PB&MDF)	Geniş Kabin ASTM E1333 Geniş Kabin ASTM E1333 Geniş Kabin ASTM E1333	PB, MDF PW PW duvar panelleri	$\leq 0.3$ ppm $\leq 0.3$ ppm $\leq 0.2$ ppm
Japonya	JIS A 5908& 5905 (PB& MDF)	Desikatör JIS A 1460	F** F***/E0 F****/E0	$\leq 1.5$ mg/L $\leq 0.5$ mg/L $\leq 0.3$ mg/L

PB: Yonga levha, MDF: Orta yoğunlukta lif levha, OSB: Yönlendirilmiş yonga levha, PW: Kontrplak

Formaldehit emisyonundan kaynaklanan sorunların çözümü amaçlı birçok alternatif çalışma yapılmıştır. Çözüm olarak; yeni tutkal formüllerinin geliştirilmesi, alternatif tutkallama sistemlerinin denenerek uygulanması, biokütle ürünleri veya yan ürün

esaslı tutkalların (soya, tanen, lignin) kullanımının yaygınlaştırılması, havalandırma standardizasyonu bunlar arasında sayılabilir. Ayrıca, ideal tutkal yapısının nemden ve sıcaklıktan daha az etkilenebilir özellikte olması sağlanmalıdır. Ahşap esaslı panellerin üretiminde yaygın olarak kullanımı söz konusu olan tutkalların farklı kimyasallarla modifiye edilerek ve uygun yasal düzenlemelerle levha ürünlerinde ortaya çıkan formaldehitin azaltılması sağlanmalıdır. Böylece formaldehitin çevre ve insan sağlığına olan zararları sıfırlamaya çalışılmalıdır.

20.yüzyılda ülkemizde, kullanıcılar için ihtışamlı, cazip, yararlı ve sağlıklı gösterilen bazı yapı malzemeleri aslında gösterildiği gibi olamamaktadır. Malzeme seçiminin doğru yapılması, bireysel ya da kurumsal kullanım için sağlıklı üretmesi ve uygulanması oldukça önemlidir. Bilimin ışığında hareket ederek ve tedbirler alarak kendimizi, toplumu ve içinde yaşadığımız evreni korumak mümkündür. Malzeme seçimi ve mimari planlamada ölçütlerin doğru değerlendirilmesi, genel toplum sağlığı, üretkenlik ve ekonomi üzerinde olumsuzlukları yok ederek kazanç sağlayacaktır.

Sonuç olarak, dünyada birçok gelişmiş ülkede olduğu gibi ülkemizde de kullanılan ahşap esaslı levhalarda formaldehit emisyon değerleri yasalarla düzenlenerek uygulamaya konulmalıdır. Yapı, mobilya, tekstil, duvar, yer döşeme malzemeleri ilk olarak üretim aşamasında standartlara uygun olarak üretilmeli, yönetmeliklere uygun bir şekilde kullanılmalıdır. Standartlara uygun bir şekilde üretilen ve kullanılan malzemelerin insanı ve çevreyi zararlı etkenler oluşturamayacaktır. Yapı malzemelerinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin azaltılması ve bu yönde gerekli önlemlerin alınmasına yönelik çalışmaların artırılması insan sağlığını ve çevreyi korumak adına önemlidir ve gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

**Açıköz Ayla 1, Burak Baykara 2, Nazan Uysal 3,** Bir Üniversitedeki Adölesan Ve Erişkinlerde Hasta Bina Sendromu Belirtilerinin CO2 İle İlişkinin İncelenmesi, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2013

**Akbulut, T.,** 1999. Dünyada ve Türkiye’de MDF Endüstrisinin Genel Durumu,Laminart Dergisi, Ağustos-Eylül, Sayı 3.

**Akbulut,T.,** Yongalevha Endüstrisi,Laminart,Sayı:7, NisanMayıs 2000.

**Alyüz B., Sevil V.,** İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler Ve Sağlık Üzerine Etkileri, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, 2006

**Alyüz, B.,Sevil V.** “İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlık Üzerine Etkileri”, Trakya University Journal of Science, 7(2), (2006) s: 109–116,

**Anonymous, 1989. ASHRAE Handbook – Fundamentals,** chapter 8. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. 29p.

**ASHRAE 2004. ASHRAE Standard 62.1–2004.** Ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta, GA, USA.

**ASHRAE Handbook – Fundamentals,** chapter 8 (1993) Physiological principles and thermal comfort, Atlanta.

**ASHRAE Temel El Kitabı (FUNDAMENTALS)** “Havada Bulunan Kirletici Maddeler”, TTMD yayını, 1997

**ASHRAE Temel El Kitabı** “İç mahallerde çevre sağlığı”, 1997

**ASHRAE, “ASHRAE Handbook CD,** 2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health”, Atlanta, USA, 2003. HKGCC, “The Clean Air Charter-A Business Guidebook”, Hong Kong General Chamber of Commerce, www.cleanair.hk, 2006.

**ASHRAE, 1989, Standard 62- 1989-** Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.

**ASHRAE, 1997, ASHRAE HANDBOOK-** Fundamentals, “Çevre Sağlığı”, Bölüm37, Çeviren: Demircioğlu, N. Toksoy, M. 1997

**ASHRAE, Standard 62- 2001-** Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001.

**ASHRAE, 2003, ASHRAE Handbook CD,** 2001 Fundamentals, Chapter 12: Air Contaminants, Atlanta, USA.

**ASHRAE, 2003, ASHRAE Handbook CD,** 2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health, Atlanta, USA

**ASHRAE Standard 55-2004.** Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American society of heating, refrigerating, and airconditioning engineers; 2004.

**Ashtaque Ahmed Chowdhury, M.G. Rasul M.M.K. Khan.** Thermal-comfort analysis and simulation for various low-energy cooling-technologies applied to an office building in a subtropical climate. Applied Energy, In Press, Corrected Proof, Available online 3 December 2007.

**Assefa G., M. Glaumann, T. Malmqvist, B. Kindembe, M. Hult, U. Myhr, O. Eriksson,** Environmental assessment of building properties—Where natural and social sciences meet: The case of EcoEffect, Original Research Article Building and Environment, Volume 42, Issue 3, March 2007, Pages 1458-1464

**ASTM D 5116,** “Guide for small-scale environment chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products”, 1997.

**ASTM D 6330,** “Practice for determination of volatile organic compounds (excluding formaldehyde) emissions from wood-based panels using small environmental chambers under defined test conditions”, 1998.

**ASTM D 6670,** “Practice for full-scale chamber determination of volatile organic emissions from indoor materials/products”, 2001

**Ayrılmış, N.,** 1999. MDF Üretim Teknolojisi, Laminart Mobilya & Dekorasyon & Sanat & Tasarım Dergisi, İstanbul, Ağustos-Eylül, Sayı 3.

**Bartol KM, Martin DC,** 1998. Management. Irwin Mc Graw Hill, Boston.

**Berube K.A., Sextona, K.J., Jonesb, T.P., Morenoa, T., Andersona, S., Richards, R.J.,** The spatial and temporal variations in PM10 mass from six UK homes, Science of the Total Environment, 324, 41–53, 2004.

**Bhattacharya, S. ;** Centre for Dev. of Adv. Comput., Chennai, India ; Sridevi, S. ; Pitchiah, R. Indoor air quality monitoring using wireless sensor network, Sensing Technology (ICST), 2012 Sixth International Conference on

**Bourdin Delphine, Pierre Mocho, Valérie Desauziers, Hervé Plaisance;** Formaldehyde emission behavior of building materials: On-site measurements and modeling approach to predict indoor air pollution, Original Research Article Journal of Hazardous Materials, Volume 280, 15 September 2014, Pages 164-173

**Bozkurt, A. Y., Göker, Y.,** 1985, Yonga Levha Endüstrisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 263.

**Bozkurt, Y., Erdin N.,** 1989. Odunsu Lifler ve Tanımı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 39(4):1

**Branis, M., Rezacova, P., Domasova, M.,** 2005, The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM10, PM2.5, and PM1 in a classroom, Environmental Research, 99, 143-149.

**Breyse PN, Buckley TJ, Williams D, Beck CM, Jo SJ, Merriman B, Et Al.** Indoor Exposures To Air Pollutants And Allergens In The Homes Of Asthmatic Children In Inner-City Baltimore. Environmental Research. 2005; 98: 167–176.

**Brightman, H.S., Moss, N.,** Sick Building Syndrome Studies and the Compilation of Normative and Comparative Values, in *Indoor Air Quality Handbook*, (Eds: Spengler, J.D., Samet, J.M., McCarthy, J.F.), McGraw-Hill, 2001.

**Brooks Bo, Utter Gm, Debroy Ja, Scimke Rd.** Indoor Air Pollution: An Edifice Complex. *Clinical Toxicology*. 29(3):315-374, 1991.

**Brown Sk, Sim Mr, Abramson Nj, Gray Cn.** Concentrations Of Volatile Organic Compounds In Indoor Air- A Review. *Indoor Air*. 4:123-134, 1994.

**Brown Sk.** Assessment Of Pollutant Emissions From Dry Process Photocopiers. *Indoor Air*. 9:259-267, 1999.

**Bulgurcu Hüseyin,** Havalandırma Ve İçhavakalitesi -1havalandırmave İç Hava Kalitesi 1Bölüm

**Bulut Hüsamettin,** Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesinin Araştırılması  
**Bulut Hüsamettin,** Havalandırma Ve İç Hava Kalitesi Açısından CO2 Miktarının Analizi, 2012

**Burton Bt.** Volatile Organic Compounds. *Indoor Air Pollution And Health*. Marcel Dekker, New York, 1997.

**Centi G, P Ciambelli, S Perathoner, P Russo;** Environmental Catalysis: Trends and Outlook, Original Research Article *Catalysis Today*, Volume 75, Issues 1–4, 3 July 2002, Pages 3-15

**Cheng Yu-Hsiang, Chi-Chi Lin, Shu-Chen Hsu;** Comparison of conventional and green building materials in respect of VOC emissions and ozone impact on secondary carbonyl emissions, Original Research Article, *Building and Environment*, Volume 87, May 2015, Pages 274-282

**Clarisse B, Laurent AM, Seta N,** et al. Indoor aldehydes: measurement of contamination levels and identification of their determinants in Paris dwellings. *Environmental Research* 2003;92(3):245-53

**Clarisse B, Laurent AM, Seta N, Le Moullec Y, El Hasnaoui A, Momas I.** Indoor Aldehydes: Measurement Of Contamination Levels And Identification Of Their Determinants In Paris Dwellings. *Environmental Research*. 2003;92: 245–253.

**Cowan, H. J.,** 1991. *Handbook of Architectural Technology*, Van Nostrand Reinhold, New York.

**Crosby P.,** *Quality is Free: The Art of Making Quality Certain*, USA: McGraw-Hill, 1992, Crosby, a.g.e.

**Cummins Susan Kay, Richard Joseph Jackson;** The Built Environment And Children's Health, Original Research Article *Pediatric Clinics of North America*, Volume 48, Issue 5, 1 October 2001, Pages 1241-1252

**Darling Erin, Glenn C. Morrison, Corsi Richard L.;** Passive removal materials for indoor ozone control Review Article *Building and Environment*, Volume 106, September 2016, Pages 33-44



**de Dear R, Brager GS.** Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE Trans* 1998;104(1):145e67.

**Derbez Mickaël, Bruno Berthineau, Valérie Cochet, Cécile Pignon, Jacques Ribéron, Guillaume Wyart, Corinne Mandin, Séverine Kirchner;** A 3-year follow-up of indoor air quality and comfort in two energy-efficient houses, Original Research Article *Building and Environment*, Volume 82, December 2014, Pages 288-299

**Derbez Mickaël, Bruno Berthineau, Valérie Cochet, Murielle Lethrosne, Cécile Pignon, Jacques Ribéron, Severine Kirchner;** Indoor air quality and comfort in seven newly built, energy-efficient houses in France, Original Research Article *Building and Environment*, Volume 72, February 2014, Pages 173-187

**Dewick P., M. Miozzo;** Sustainable technologies and the innovation–regulation paradox, Original Research Article *Futures*, Volume 34, Issues 9–10, November–December 2002, Pages 823-840

**Dietert, R.R., Etzel, R.A., Chen, D., Halonen, M., Holladay, S.D. Jarabek, A.M., Landreth, K., Peden, D.B., Pinkerton, K., Smialowicz, R.J., Zoetis, T., 2000.** Workshop to identify critical windows of exposure for children’s health: immune and respiratory systems work group summary. *Environmental Health Perspective* 108, 483–490.

**Doll S.C., E.L. Davison, B.R.;** Painting Weatherization impacts and baseline indoor environmental quality in low income single-family homes Original Research Article *Building and Environment*, Volume 107, October 2016, Pages 181-190

**Edwards, R.D., Schweizer, C., Llacqua, V., Lai, H.K., M., Bayer-Oglesby, L., Künzli, N.,** “Time–activity relationships to VOC personal exposure factors“ *Elsevier Atmospheric Environment*(2006) volume: 40, n.29 s:5685–5700.

**Ekinci C.E., Işıksolu, Y., Demirci, H., Ozan, S.S., İçi N., Aydın, K.,** “Yapı Biyolojisi, Bölüm I: Yapı Biyolojisi Ve Fiziği”, DPT Avrupa Birliği Eğitim Ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı (Ulusal Ajans) TR/04/F/PL3-008 Nolu Ve Yapı Biyolojisi Konu Başlıklı Projesi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları; 2005.

**Emri, G., Schaefer D., Held, B., Herbst C., Zieger W., Horkay, I., Bayerl, C.** 2004., Low concentrations of formaldehyde induce DNA damage and delay DNA repair after UV irradiation in human skin cells, *Exp. Dermatol.* May, 13(5):305-15.

**EN 120,** “Wood-based panels—determination of formaldehyde content—extraction method called perforator method”, 1993.

**EN 309,** Wood Particleboards-Definition and Classification, European Committee Standardisation, Brussell,1992.

**EN 717-1,** “Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 1: formaldehyde emission by the chamber method”, European Standard, October 2004.

**EN 717-2,** “Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 2: formaldehyde release by the gas analysis method” European Standard, November 1994.

**EN 717-3**, “Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 3: formaldehyde release by the flask method” European Standard, March 1996.

**Erdin, N.**, 2009. Ahşap Konservasyonu, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, G.Ü. Yayın no: 4840, ISBN: 978-975-404-842-1, İstanbul.

**Eriç, M.**, 2002. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınları, İkinci Basım, ISBN: 975- 8431-72-2, İstanbul

**Eroğlu, H.**, 1994. Lif Levha Endüstrisi, K.T.Ü Yayınları, No: 45, Trabzon.

**Evcı, D., Vaizoğlu, S.A., Özdemir, M., Aycan, S., Güler,Ç.**, 2005. Ankara’da 46 Kahvehanehanede Formaldehit Düzeylerinin Belirlenmesi. Tsk Koruyucu Hekimlik Bülteni 4, 129-135.

**Ezzati M.** Indoor Air Pollution And Health İn Developing Countries. The Lancet. 2005; 366, 94480; 104.

**Fanger, P.O.**, 2006. What is IAQ? Indoor Air 16, 328–334.

**Fanger, P.O.**, 2006. What is IAQ? Indoor Air 16, 328–334. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2 (2013) 21–27

**Fanger, P.O., Toftum, J.**, “Extension of the PMV Model to Non-Air-Conditioned Buildings in Warm Climates”, Energy and Buildings, Cilt 34, No 6, 533-536, 2002.

**Fischer Ph, Hoek G,Reeuwijk Hv, Briggs Dj, Lebert E,Wijnen Jh, Kingham S, Ellhott Pe.** Traffic Related Differences İn Outdoor And Indoor Concentrations Of Particles And Volatile Organic Compunds İn Amsterdam. Atmospheric Environment. 34: 3713-3722, 2000.

Forest Products Laboratory, Wood Handbook, Madison,WI: U.S.Department of Agriculture, Forest Service, 1999 [www.fpl.fs.fed.us(2000)].

**Formaldehid Tutkalı ve Folmaldehid Emisyonu**, Laminart, Sayı:39, 2005.

**Forouzanfar Mohammad H., Lily Alexander, H Ross Anderson, Victoria F Bachman, Stan Biryukov, Michael Brauer, Richard Burnett, Daniel Casey, Matthew M Coates, Aaron Cohen, Kristen Delwiche, Kara Estep, Joseph J Frostad, Astha KC, Hmwe H Kyu, Maziar Moradi-Lakeh, Marie Ng, Erica Leigh Slepak, Bernadette A Thomas, Joseph Wagner,** Global,regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013, Original Research Article The Lancet, In Press, Corrected Proof, Available online 11 September 2015 GBD 2013 Risk Factors Collaborators.

**Frihart, C.R.**, 2005. Wood Adhesion and Adhesives: Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, Boca Raton, Florida: CRC Press, p:215-278

**Gilbert NL, Gauvin D, Guay M, Heroux ME, Dupuis G, Legris M,** et al. Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada. Environmental Research. 2006;102: 1–8.

Godish, T., 2001. Indoor Environmental Quality, Lewis Publishers, New York, 211–245.

**Goksel, O., Celik, GE, Erkekol, FO, Gullu, E., Mungan, D., Mısırlıgil, Z.,** 2009. Triggers in adult asthma: are patients aware of triggers and doing right? *Allergologia et Immunopathologia* 37, 122-128.

**Gonzales-Flesca, N., Frezier, A.,** “A new laboratory test chamber for the determination of diffusive sampler uptake rates”, *Atmos Environ.*, 39, 4049-56, 2005.

**Göker, Y.,** Kontrplak, Laminart Ağustos-Eylül 2000

**Groes L, Pejtersen J, Valbjorn O.** Perceptions And Symptoms As A Function Of Indoor Environmental Factors And Building Characteristics In Office Buildings. In *Proceedings Of The Sixth International Conference On Indoor Air Quality And Climate . Vol 4.* 1996, Nagoya, Japan.

**Gunschera Jan, Sibel Mentese, Tunga Salthammer, Jan Rud Andersen;** Impact of building materials on indoor formaldehyde levels: Effect of ceiling tiles, mineral fiber insulation and gypsum board, *Original Research Article Building and Environment*, Volume 64, June 2013, Pages 138-145

**Guo H, Murray F, Wilkinson S.** Evaluation Of Total Volatile Organic Compound Emissions From Adhesives Based On Chamber Tests. *Journal Of The Air And Waste Management Association.* 50:199-206, 2000.

**Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y.,** Indoor air quality in ice skating rinks in Hong Kong, *Environmental Research*, 94, 327–335, 2004.

**Gupta, S., Khare, M., Goyal, R.,** Sick building syndrome—A case study in a multistory centrally air-conditioned building in the Delhi City, *Building and Environment*, 42, 2797–2809, 2007.

**Gustaffson H, Jonsson B.** Trade Standarts For Testing Chemical Emission From Building Materials: Part I: Measurement Of Flooring Materials. *Proceedins Of Indoor Air.* 93 (2): 437-442, 1993.

**Güler, C.** 2001. Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Saplarından Yonga Levha Üretimi Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

**Güler, C., Özen, R., Kalaycıoğlu, H.,** 2001. Pamuk Saplarından Üretilen Yonga

**Güller, B.,** 2001. Odun Kompozitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A-2: 135-160.

**Güllü Gülen .,** Türkiye’de İç Ortam Hava Kirliliği Çalışmaları Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2 (2013) 146 – 158

**Günay, R.,** 2007. Geleneksel Ahşap Yapılar Sorunları ve Çözüm Yolları, Birsen Yayınevi, İstanbul.

**Gürtekin, A.**, 2007. Görsel Temsilin Mimarlıktaki Yeri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

**Gürtekin, A., Oğuz, M.**, 2002. Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim bakanlığı Yayınları, İstanbul.

**Gürtekin, A., Oğuz, M.**, 2002. Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, İstanbul.

**Haygreen, J.G., Bowyer, J.L.**, 1996. Forest Products and Wood Science, IOWA State University Press, p: 360–369.

**Hmes Al, Ghosh Tk, Loyalka Sk, Warder Rc.** Indoor Air- Quality And Control. Pretince-Hall, Englewood Cliffs, 1993.

**Hoppe P, Martinac I.** Indoor Climate and Air Quality. Review of Current and Future Topics in The Field ot" ISB Study Group 10. J Biometeorol. 1998, 42(1): 1-7.

**Hoof, J.V.**, "Forty Years of Fanger's Model of Thermal Comfort: Comfort for All", Indoor Air, Cilt 18, No 3, 182–201, 2008.

**IARC**, "Monographs of the evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxy-2-propanol", WHO, 88, Lyon, France, 2006.

**ISO 818 (E)**, 1975. Fibre Building Boards; Definition; Classification, International Organization for Standardization, Switzerland.

**ISO 7730.** Moderate thermal environments e determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva:International organization for standardization; 1993.

**ISO 16000-9**, "Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing-Emission test chamber method", 2006.

**ISO 16000-10**, "Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing-Emission test cell method", 2006

**ISO/DIS 12460**, "Wood-based panels—determination of formaldehyde release—formaldehyde emission by the 1 m<sup>3</sup> chamber method", Draft International Standard, January 2005.

**ISO-16000-11**, "Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing-Sampling, storage of samples and preparation of test specimens", 2006.

**İzzet Yüksek, Esma Mihlayanlar, Tülay Esin Tıkansak**, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi –2015 Bina Fiziği Sempozyumu Bildirisi, Konut Kullanıcılarının İç Ortam Konfor Koşullarından Memnuniyetlerinin Tespitine Yönelik Bir Çalışma

**Jacobson, M.Z** Atmospheric Pollution, History, Science and Regulation, Cambridge University Press, 2002.

**Jacobson, M.Z.**, Atmospheric Pollution, History, Science and Regulation, Cambridge University Press, 2002.

- James P** 1996. Total quality management: An introductory text. Prentice Hall, London.
- Jones, A.P.**, Indoor air quality and health, Atmospheric Environment, 33, 4535-4564, 1999. **Çobanoğlu, N., Kiper, N.**, Bina içi solunan havada tehlikeler, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 49, 71-75, 2006.
- JAS 233**, “Japanese Agricultural Standard for plywood”, Japanese Agriculture Standard, February 2003.
- JAS 233**, “Japanese Agricultural Standard for plywood”, Japanese Agriculture Standard, February 2003.
- JIS A 1460**, “Building boards. Determination of formaldehyde emission—desiccator method”, Japanese Industrial Standard, March 2001.
- JIS A 1460**, “Building boards. Determination of formaldehyde emission—desiccator method”, Japanese Industrial Standard, March 2001.
- JIS A 1901**, “Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes for building products—small chamber method”, Japanese Industrial Standard, January 2003.
- JIS A 1901**, “Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes for building products—small chamber method”, Japanese Industrial Standard, January 2003.
- Jones, A.P.**, Indoor air quality and health, Atmospheric Environment, 33, 4535-4564, 1999.
- Joseph M. Juran, and Frank Gryna Jr.**, Quality Planning and Analysis: From Product Development Through Use, USA: McGraw-Hill, 1988, s. 1.
- Kalaycıoğlu, H.**, 1991. Sahil Çamı Odunlarının Yonga Levha Üretiminde Kullanılması İmkanları, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kartal, S. N.**, 2009. Neden Emprenye, Mimarlıkta Malzeme Dergisi, Sayı: 12, 79-84.
- Kasapseçkin M.A.**, Mantar Aglomere Ve Orta Yoğunluklu Lif Levha (Mdf) Tabakalarıyla Oluşturulmuş Kompozit Malzemenin İç Mekan Donatı Elemanlarında Levha Olarak Kullanımının Araştırılması Doktora Tezi MSGSÜ İç Mimarlık ABD, 2015
- Katsumata, H., Murakami, S., Kato, S., Hoshino, K., Ataka, Y.**, “Measurement Of Semi-Volatile Organic Compounds Emitted From Various Types Of Indoor Materials By Thermal Desorption Test Chamber Method”, Building And Environment, 43, 378-83, 2008.
- Kaunelienė Violeta, Prasauskas Tadas, Edvinas Krugly, Stasiulaitienė Inga, Čiužas Darius, Lina Šeduikytė, Dainius Martuzevičius**; Indoor air quality in low energy residential buildings in Lithuania Original Research Article Building and Environment, Volume 108, 1 November 2016, Pages 63-72

**Kaya, F.**, 2004. Ana Hatları ile Yapıştırıcılar, Birsen Yayınevi, İstanbul

**Kim Ki-Wook, Sumin Kim, Hyun-Joong Kim, Jin Chul Park;** Formaldehyde and TVOC emission behaviors according to finishing treatment with surface materials using 20 L chamber and FLEC, Original Research Article Journal of Hazardous Materials, Volume 177, Issues 1–3, 15 May 2010, Pages 90-94

**Kim Sumin;** The reduction of indoor air pollutant from wood-based composite by adding pozzolan for building materials, Original Research Article Construction and Building Materials, Volume 23, Issue 6, June 2009, Pages 2319-2323

**King J, Cichy RF,** 2006. Managing for quality in the hospitality industry. Upper Saddle River, New Jersey.

**Koivula Minna, Hanna-Riitta Kymäläinen, Jari Virta, Hannu Hakkarainen, Tareq Hussein, Jarno Komulainen, Hilikka Koponen, Mikko Hautala, Kaarle Hämeri, Pekka Kanerva, Aarne Pehkonen, Anna-Maija Sjöberg;** Emissions from thermal insulations—part 2: evaluation of emissions from organic and inorganic insulations, Original Research Article Building and Environment, Volume 40, Issue 6, June 2005, Pages 803-814

**Korkmaz, A.,** 2007, Hastane iklimlendirme sistemlerinde filtre seçimi ve filtrenin önemi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 98, 27-30.

**Köksal Y,** Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi

**Kubler,H.,** Wood as a Building and Hobby Material, Wiley and sons, Inc.,Canada,1980.

**Kurtoğlu,A.,** “Yapıştırılmış Lamine Ağaç Yapı Elemanları”, Mobilya Dekorasyon Dergisi, Yıl 4, Sayı 21, 10–16, 1997.

**Lee Cw, Dai Yt, Chien Ch, Hsu Dj.** Characteristics And Health Impacts Of Volatile Organic Compounds İn Photocopy Centers. Environmental Research. 100:139-149, 2006.

**Lee Sc, Lam S, Fai Hk.** Characterization Of Uobs, Ozone, And Pm10 Emissions From Office Equipment İn An Environmental Chamber. Build. Environ. 36:837-842, 2001.

**Levhaların Bazı Teknolojik Özellikleri,** Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 4-1:99-108

**Lı, W.M., Lee, S.C., Chan, L.Y.,** “Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong”, Sci. Total Environ., 273, 27-40, 2001.

**Li, Y, Chen, Z.,** 2003, A Balance-Point Method For Assessing The Effect Of Natural Ventilation On Indoor Particle Concentrations, Atmospheric Environment, 37, 4277-4285.

**Liu Yu, Xiaodong Zhu,** Measurement of formaldehyde and VOCs emissions from wood-based panels with nanomaterial-added melamine-impregnated paper, Original Research Article Construction and Building Materials, Volume 66, 15 September 2014, Pages 132-137

**Luengas A. A. Barona G. Gallastegui A.** Elias Department of Chemical and Environmental Engineering Faculty of Engineering, University of the Basque Country(UPV/EHU), Alda Urquijo s/n, 48013 Bilbao, Spain A Review Of Indoor Air Treatment Technologies Rev Environ Sci Biotechnol DOI 10.1007/s11157-015-9363-9, Feb.2015

**Maloney,T.M.,** Development of Wood Composite Materials, Res. Pap., Pulmann,Wash.Washington State Univ.Wood Mtl.Lab.1994.

**Maloney,T.M.,** Modern Particleboard and Dry-Process Fibreboard Manufacturing, Miller Fremann Publ., Inc., California,USA.,1993.

**Mandayo G.G., J. Gonzalez-Chavarri, E. Hammes, H. Newton, I. Castro-Hurtado, I. Ayerdi, H. Knapp, A. Sweetman, C.N. Hewitt, E. Castaño** System to control indoor air quality in energy efficient buildings, Original Research Article Urban Climate, In Press, Corrected Proof, Available online 16 November 2014

**Markert Bernd, Gernot Kayser, Siegfried Korhammer, Jörg Oehlmann;** Chapter 1 Distribution and effects of trace substances in soils, plants and animals, Original Research Article Trace Metals in the Environment, Volume 4, 2000, Pages 3-31

**Maroni M, Seifert B, Lindvall T.** Indoor Air Quality –A Comprehensive Reference Book. Elsevier, Amsterdam, 1995.

**Marutzky, R.,** 1994. Release of Formaldehyde by Wood Products, Forest Product Society, Report No: 94RS100R.

**Marutzky, R., and B. Dix.** "Adhesive related VOC-and formaldehyde-emissions from wood products: Tests, regulations, standards, future developments." Proceedings of the COST E34 Conference, Innovations in Wood Adhesive, November. Vol. 4. 2004.

**Mentese S., Gullu, G.,** 2006. Variations And Sources Of Formaldehyde Levels In Residential Indoor Air In Ankara, Turkey. Indoor And Built Environment 15,273-281.

**Mentese, S.,** 2009. Materyal Analizi Ve Oda Deneyleri İle İç Ortam Kirleticilerinin Tespiti, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON), 6-9 Mayıs 2009, İzmir, Bildiriler Kitabı, Sf.611-617.

**Menteşe S ,** Materyal Analizi Ve Oda Deneyleri İle İç Ortam Kirleticilerinin Tespiti, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi

**Menteşe, S.,** 2013. İkincil Organik Aerosollerin İç Ortamlarda Oluşma Mekanizması. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2013, İzmir..

**Mestl, H.E.S., Aunan, K., Seip, H.M.** Health benefits from reducing indoor air pollution from household solid fuel use in China-Three abatement scenarios, Environment International, 33,831–840, 2007.

**Mo Xiaoqun, Enzhi Cheng, Donghai Wang, X.Susan Sun;** Physical properties of medium-density wheat straw particleboard using different adhesives, Original

Research Article Industrial Crops and Products, Volume 18, Issue 1, July 2003, Pages 47-53

**Molhave L.** Indoor Climate, Air Pollution And Human Comfort. Journal Of Exposure Analysis And Environmental Epidemiology. 1(1): 63-81, 1991.

**Muller Christopher O., Henry Yu Besfield Zhu;** Ambient Air Quality in China: The Impact of Particulate and Gaseous Pollutants on IAQ, Original Research Article Procedia Engineering, Volume 121, 2015, Pages 582-589 China faces serious air quality challenges in both outdoor and indoor environments due to particularly high levels of air pollution where maximum values greatly exceed current air quality standards.

**Muttill Nitin, Ghanta Ravichandra, Stephen W. Bigger, Graham R. Thorpe, Dorbha Shailaja, Swadesh Kumar Singh;** Comparative Study of Bond Strength of Formaldehyde and Soya based Adhesive in Wood Fibre Plywood Original Research Article Procedia Materials Science, Volume 6, 2014, Pages 2-9

**Muzi G., Dell'omo, M., Murgia N., Abritti G.** 2004. Chemical pollution of indoor air and its effect on health, G. Ital Med. Law Ergon, Oct-Dec, 26(4):364-9.

**Myers Ge.** The Effect Of Temperature And Humidity Of Formaldehyde Emission From Uf- Bonded Boards: A Literature Critique. Forests Products Journal. 35:20-31, 1985.

**Nemli, G. Öztürk, İ. Aydın, A.,** 2004. Laminat Malzemeler, Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, Artvin, 1(2):55-60.

**Nicolas Mélanie, Olivier Ramalho, François Maupetit;** Reactions between ozone and building products: Impact on primary and secondary emissions, Original Research Article Atmospheric Environment, Volume 41, Issue 15, May 2007, Pages 3129-3138

**Norback D, Bjornsson E, Janson C, Widstrom J, Boman G.** Asthma And The Indoor Environment: The Significance Of Emission Of Formaldehyde And Volatile Organic Compounds From Newly Painted Indoor Surfaces. Occupational And Environmental Medicine. 52(69): 388-395, 1995.

**Oran, B.,** 2012. Hindistan Cevizi (Cocos Nucifera L.) Odunu İle Üretilen Çapraz Yapıştırılmış Lamine Kerestelerin Bazı Teknolojik Özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon

**Otto D, Hundell H, House D, Molhave L, Counts W.** Exposure Of Humans To A Volatile Organic mixture. I. Behavioural assessment. Archives of Environmental Health. 47(1):23-30, 1992.

**Özalp, M.,** 1996. Kontraplaklarda Dolgu Maddesi Oranının Eğilme Mukavemeti Ve Formaldehit Ayrışmasına Etkisi, Y.L. Tezi, Dumlupınar Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 1996.

**Pegas P.N., T. Nunes, C.A. Alves, J.R. Silva, S.L.A. Vieira, A. Caseiro, C.A. Pio;** Indoor and outdoor characterisation of organic and inorganic compounds in city centre and suburban elementary schools of Aveiro, Portugal Original Research Article Atmospheric Environment, Volume 55, August 2012, Pages 80-89



**Pekey, H., Arslanbas, D.**, 2008. The relationship between indoor, outdoor and personal VOC concentrations in homes, offices and schools in the metropolitan region of Kocaeli, Turkey. *Water Air and Soil Pollution* 191, 113-129.

**Philomena M. Bluysen, Marco Ortiz-Sanchez, Céline Roda**; Self-reported rhinitis of students from different universities in the Netherlands and its association with their home environment Original Research Article *Building and Environment*, Volume 110, December 2016, Pages 36-45

**Plaisance H., A. Blondel, V. Desauziers, P. Mocho**; Characteristics of formaldehyde emissions from indoor materials assessed by a method using passive flux sampler measurements, Original Research Article *Building and Environment*, Volume 73, March 2014, Pages 249-255

**Poulhet G., S. Dusanter**; Investigation of formaldehyde sources in French schools using a passive flux sampler, Original Research Article, *Building and Environment*, Volume 71, January 2014, Pages 111-120

**Poulhet Guillaume, Sébastien Dusanter, Sabine Crunaire, Nadine Locoge, Pascal Kaluzny, Patrice Coddeville** ‘Recent developments of passive samplers for measuring material emission rates: Toward simple tools to help improving indoor air quality, Original Research Article *Building and Environment*, Volume 93, Part 1, November 2015, Pages 106-114 ’

**Rancière Fanny, Claire Dassonville, Céline Roda, Anne-Marie Laurent, Yvon Le Moulec, Isabelle Momas** ; Contribution of ozone to airborne aldehyde formation in Paris homes , *Science of The Total Environment*, Volume 409, Issue 20, 15 September 2011, Pages 4480-4483

**Sakai K, Norback D, Mi Y, Shibata E, Kamijima M, Yamada T**, et al. A comparison of indoor air pollutants in Japan and Sweden: formaldehyde, nitrogen dioxide and chlorinated volatile organic compounds. *Environmental Research*. 2004; 94: 75–85.

**Salem Mohamed Z.M., Martin Böhm, Jaromír Srba, Jitka Beránková**; Evaluation of formaldehyde emission from different types of wood-based panels and flooring materials using different standard test methods Original Research Article *Building and Environment*, Volume 49, March 2012, Pages 86-96

**Salthammer, T. And Mentese, S.**, 2008. Comparison Of Analytical Techniques For The Determination Of Aldehydes In Test Chambers, *Chemosphere*, 2008, 73:1351-1356.

**Salthammer, T., Mentese, S.**, “Comparison of Analytical Techniques for the Determination of Aldehydes in Test Chambers”, *Chemosphere*, 73, 1351-1356, 2008.

**Salthammer, T., Mentese, S., Marutzky, R., 2010.** Formaldehyde In The Indoor Environment, *Chemical Reviews*,

**Sakai, K., Norback, D., Mi, Y., Shibata, E., Kamijima, M., Yamada, M., Tekeuchi, Y.**2004. A Comparison Of Indoor Air Pollutants In Japan And Sweden: Formaldehyde, Nitrogen Dioxide, And Chlorinated Volatile Organic Compounds. *Environ. Res.* 94(1):75-85.

**Schramek, E.**, 1999, Recknagel-Sprenger Schramek- Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı, TTMD, Ankara.

**Schulze, T., Eicker, E.**, 2013. Method for simplified calculation of controlled natural ventilation. Bauphysik 35, 99-106.

**Sirel Ő.** Mart 1996, Konutlarda Görsel Konfor

**Sirel, Ő.** “Yapı Fiziği Konuları II” Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Yayınları, 2004.

**Spellman, F.R.**, The Science of Air, Concepts and Applications, 2nd Ed., CRC Press, 2008

**Stellman, J. M.**, 1998. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. International Labour Office, Geneva, pp. 44.2-44.26 and 45.2-45.23.

**Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S.S., Van Grieken, R.**, Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium, Environment International, 33, 789-797, 2007.

**Şahin, H.T.** 2005. Formaldehid Tutkalı ve Folmaldehid Emisyonu, Laminart, Sayı:39, 2005

**Tamas G, Weschler Jc, Toftum J, Fanger Po.** Influence of ozone-limonene reactions on perceived air quality. Indoor Air. 16:168-178, 2006.

**Tatar Vatan** Endüstri Mühendisi, Türk Standardları Enstitüsü Ve E1 Belgelendirmesi, Standart Ekonomik Ve Teknik Dergi , Yıl: 53 • Sayı: 620 • Ocak 2014 S:43-44, TSE Ankara Belgelendirme Müdürlüğü

**Thörn A.** Case study of a sick bulding. European Journal of Public Health. 2000; 10; 133-137.

**Torres M.**, June 2000, “Indoor Air Quality”, Texas Institute for the Indoor Environment, The University of Texas, Austin.

**TS 180,** Yongalevhaları (Yatık yongalı, Genel amaçlar için), TSE, Ankara, 1978.

**TS EN 386,** “Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans zellikleri ve Asgari Üretim Şartları”, T.S.E., Ankara, 1-4, 1999.

**Turgut Şahin** 1, Prof.Dr. Mümin Filiz2, Öğr. Gör. Ali İhsan Kaya3, Yrd. Doç.Dr. Abdullah Sütçü1, Araş. Gör. Pınar Usta2, Orman End. Müh. Mustafa Çiçekler1, Ahşap Esaslı Malzemelerden Formaldehit Emisyonu Ve Etkileri Orman End. Müh. Cihan Bozkurt1 1 Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta 2 Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Isparta 3 Mehmet Akif Üniversitesi, Burdur Meslek Yüksek Okulu

**Uhde E., T. Salthammer** ; Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality—A review of recent advances in indoor chemistry, Original Research Article Atmospheric Environment, Volume 41, Issue 15, May 2007, Pages 3111-3128

**USEPA,** Exposure Factors Handbook External Review Draft , July 2009 EPA/600/R-09/052A, 2009 UPDATE; USEPA, IRIS, 2009. “Integrated Risk

Information System”, /<http://www.epa.gov/iris>, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. accessed on January 2013

**Vaizoğlu, S.A., Aycan, S., Akin, L., Koçdor, P., Pamukçu, G., Muhsinoğlu, O., Özer, F., Evcı, D., Güler, Ç.,** 2005. Determination Of Formaldehyde Levels In 100 Furniture Workshops In Ankara. The Tohoku Journal Of Experimental Medicine 207, 157-163.

**Vaughan TI, Strader C, Davis S, Daling JI.** Formaldehyde and cancers of the pharynx, sinus and nasal cavity:II Residential exposures. International Journal of Cancer. 38(5): 685-688, 1986.

**Virta, J., Koivula, M., Hussein, T., Koponen, S., Hakkarainen, H., Et Al.,** Emissions From Thermal Insulations-Part 1: Development And Characteristics Of The Test Apparatus”, Building And Environment, 40, 797-802, 2005

**Villanueva Florentina, Araceli Tapia, Mariano Amo-Salas, Alberto Notario, Beatriz Cabañas, Ernesto Martínez;** Levels and sources of volatile organic compounds including carbonyls in indoor air of homes of Puertollano, the most industrialized city in central Iberian Peninsula. Estimation of health risk, Original Research Article International Journal of Hygiene and Environmental Health, Volume 218, Issue 6, August 2015, Pages 522-534

**Vural Ms, Balanlı A.** Yapı ürünü kaynaklı iç hava kirliliği ve risk değerlendirme de ön araştırma. Megaron YTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi. 1(1): 28-39, 2005.

**Wallace La.** Personal Exposure To 25 Volatile Organic Compounds, Toxicology And Industrial Health. 7: 203-208, 1991a

**Weschler Cj.** Ozone In Indoor Environments:Concentration Chemsitry. Indoor Air. 10:269-288, 2000.

**WeschlerCharles; J.** Changes in indoor pollutants since the 1950s, Original Research Article Atmospheric Environment, Volume 43, Issue 1, January 2009, Pages 153-169

**WHO (World Health Organisation), 1983.** Indoor air pollutants: exposure and health effects, Euro Reports and Studies 78, Copenhagen, 42 pp.

**WHO (World Health Organization), 2011.** Methods for monitoring indoor air quality in schools. , Copenhagen, 32 pp.

**WHO (World Health Organization),** Indoor air quality research Euro-reports and studies no.103,1984.

**WHO 2004.** Evidence for Policy Makers: Indoor Air Pollution. Geneva.

**WHO,** “Indoor air quality: organic pollutants,” EURO Reports and Studies NO. 111, World Health Organization, Copenhagen, 1989.

**Wieslander G, Norback D, Bjornsson E, Janson C, Boman G.** Asthma And The Indoor Environment: The Significance Of Emission Of Formaldehyde And Volatile Organic Compounds From Newly Painted Indoor Surfaces. International Archives Of Occupational And Environmental Health. 69(2): 115-124, 1997.

**Wiglusz R, Sitko Elzbieta, Nikel G, Jarnuszkiewicz I, Igielska B.** The Effect Of Temperature On The Emission Of Formaldehyde And Volatile Organic Compounds (Uobs) From Laminate Flooring-A Case Study. *Building And Environment*. 37:41-44, 2002.

**Wolkoff Peder, Gunnar D. Nielsen;** Non-cancer effects of formaldehyde and relevance for setting an indoor air guideline, *Review Article Environment International*, Volume 36, Issue 7, October 2010, Pages 788-799 Peder Wolkoff, Gunnar D. Nielsen

**Wolkoff Peder;** Indoor air pollutants in office environments: Assessment of comfort, health, and performance, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Volume 216, Issue 4, July 2013, Pages 371-394

**Wolkoff P, Clausen Pa, Jensen B, Nielsen Gd, Wilkins Ck.** Are We Measuring The Relevant Indoor Pollutants?. *Indoor Air*. 7(1):92-106, 1997.

**Wolkoff P, Wilkins Ck, Clausen Pa, Larse K.** Comparison Of Volatile Organic Compounds From Processed Paper And Toners From Office Copiers And Printers: Methods, Emission Rates, And Modeled Concentrations. *Indoor Air*.3:113-123, 1993.

**Yang Te-Hsin, Cheng-Jung Lin, Song-Yung Wang, Ming-Jer Tsai;** Characteristics of particleboard made from recycled wood-waste chips impregnated with phenol formaldehyde resin, *Original Research Article Building and Environment*, Volume 42, Issue 1, January 2007, Pages 189-195

**YILDIZ MDF A.Ş.** [www.yildizmdf.com](http://www.yildizmdf.com)

**Yiğit, A. ve Horuz, İ.** (1995) Hava hızı ve hareketlerinin ısı konfor şartlarına etkisi, *10. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Ankara, 603-612.

**Yurtseven, E.,** 2008. İki Farklı Bölgedeki İlköğretim Okullarında İç Ortam Havaasının İnsan Sağlığına Etkileri Yönünden İncelenmesi, *Doktora Tezi, İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.*

**Yüksek İzzet, Esmâ Mihlayanlar ,Tülay Esin Tıkansak,** 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi –2015, Konut Kullanıcılarının İç Ortam Konfor Koşullarından Memnuniyetlerinin Tespitine Yönelik bir Çalışma

**Yüksel Köksal,** Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi, *V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi*, , 2001, İzmir

**Yüksel,N.** Günümüz Kamu Kurumlarında Yapısal Konfor Koşullarının Tespit Edilmesine Yönelik Bir Çalışma *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 10, Sayı 2, 2005

**Zeydan Zeynep Erdoğan, Özgür Zeydan, Yılmaz Yıldırım,** Hasta Bina Sendromu, *Ix. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi*, Hasta Bina Sendromu

## **ÇİZELGE KAYNAKLARI**

### **Çizelge 1.1.** Yıllara Göre Literatür Sayısı Dağılımı

(Handan Enginkalp Arşivi)

### **Çizelge 1.2.** Yayın Başlığına Göre Litaratür Sayısı Dağılımı

(Handan Enginkalp Arşivi)

### **Çizelge1.3.** Konuya Göre Literatür Sayısı Dağılımı

(Handan Enginkalp Arşivi)

### **Çizelge 3.1.** İç Ortam Hava Kirleticileri ve Emisyon Kaynakları

Jacobson, M.Z., Atmospheric Pollution, History, Science and Regulation, Cambridge University Press, 2002.

Jones, A.P., Indoor air quality and health, Atmospheric Environment, 33, 4535-4564, 1999

### **Çizelge 3.2.** İç Ortamlarda Bulunan Bazı Kirleticilerin Kaynakları, Mümkün Olan Konsantrasyonları ve İç/Dış Konsantrasyon Oranları

ASHRAE Temel El Kitabı; ASHRAE HANDBOOK “İç mahallerde çevre sağlığı”, 1997

### **Çizelge 3.3.** Bazı Organik Bileşiklerin Kaynama Noktaları ve Buhar Basınçları

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Registry). U.S. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Service, Atlanta, GA. 1997.

### **Çizelge 3.4.** İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşiklerin Kaynakları

Maronı M, Seifert B, Lindvall T. Indoor Air Quality –A Comprehensive Reference Book. Elsevier, Amsterdam, 1995.

### **Çizelge 3.5.** İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşiklerin Ortalama Konsantrasyonları (IEH, 1996; ACGIH 1994)

IEH (Institute for Environment and Health). IEH assessment on indoor air quality in the home. Leicester, 1996.

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Threshold limit values and biological exposure indices. 6th Ed. Cincinnati, 1994.

### **Çizelge 3.6.** Türkiye’de Gerçekleştirilmiş Farklı Türdeki İç Ortamlarda Ölçülen UOB Düzeyleri

Pekey, H., Arslanbas, D., 2008. The relationship between indoor, outdoor and personal VOC concentrations in homes, offices and schools in the metropolitan region of Kocaeli, Turkey. Water Air and Soil Pollution 191, 113-129.

Scheepers, P.T.J., Konings, J., Demirel, G., Gaga, E.O., Anzion, R., Peer, P.G.M., Dogeroglu, T., Ornektekin, S., Van Doorn, W., 2010. Determination of exposure to

benzene, toluene and xaylenes in Turkish primary school children by analysis of breath and by environmental passive sampling. *Science of the Total Environment* 408, 4863-4870.

Mentese, S., Rad, A., Arisoy, M., Gullu, G., 2012. Seasonal and spatial variations of bioaerosols in indoor urban environments, Ankara, Turkey. *Indoor and Built Environment* 21, 797-810.

Lakestani, S., Karakas, B., Acar Vaizoglu, S., Guciz Dogan, B., Guler, C., Sekerel, B., Taner, A., Gullu, G., 2013. Comparison of indoor and outdoor air quality in children homes at prenatal period and one year old. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 78, 143-147.

**Çizelge 3.7.** ABD’ De Temiz Hava Kalitesi ve Kirleticilerin Fizyolojik Etkileri

ASHRAE Temel El Kitabı “İç mahallerde çevre sağlığı”, 1997

**Çizelge 3.8.** Bazı Uçucu Organik Bileşikleri için Toksikite Değerleri

(US EPA. Integrated Risk Information System, 1998a. <http://www.epa.gov/iris>

US EPA. Carcinogenic effects of benzene: an update. Office of Research and Development, EPA/600/P-97001F. Washington, 1998b.)

**Çizelge 3.9.** Formaldehit Maruziyetinin Akut Sağlık Etkileri

Hines Al, Ghosh Tk, Loyalka Sk, Warder Rc. Indor Air- Quality and Control. Pretince-Hall, Englewood Cliffs, 1993.

**Çizelge 3.10.** Formaldehite Temas Şekli ve Yapılması Gerekenler

Canbilen A., Sezen Ş., Avunduk M.C., Con N.E.; Selçuk Ü.Tıp Fakültesi Genel Tıp Dergisi, 1999(9)

**Çizelge 3.11.** İHK’ne Bağlı Muhtemel Semptom ve İnsan Sağlığı Bozulmaları

James E. Wolf (İç Ortam Hava Kalitesinin Sağlanmasına Yönelik ASHRAE Araştırması) TTMD dergisi sayı:17 Ocak-Şubat 2002

**Çizelge 3.12.** İç Hava Kirlilik Değerleri

Fanger, O. P.: Introduction of the Olf and the Decipol Units to Quantify Air Pollution Perceived by Humans Indoors. In: *Energy and Buildings*. 12, 1988, 1-6

**Çizelge 3.13.** ASHRAE Standard 62.1-2010 Standardına Göre İç Hava Kalitesi

Bulgurcu Hüseyin Havalandırma Ve İç Hava Kalitesi Bölüm:1 Balıkesir-2015

ASHRAE Temel El Kitabı; Standard 62.1-2010

**Çizelge 3.14.** İç Hava Kalitesi İle İlgili Standartlarda Önerilen Sınır Değerler

Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y., Indoor air quality in ice skating rinks in Hong Kong, *Environmental Research*, 94, 327–335, 2004.

Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S.S., VAN GRIEKEN, R., Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium, *Environment International*, 33, 789–797, 2007.

ASHRAE, “ASHRAE HandbookCD, 2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health”, Atlanta, USA, 2003.

HKGCC, “The Clean Air Charter-A Business Guidebook”, Hong Kong General Chamber of Commerce, www.cleanair.hk, 2006.

Berube K.A., Sextona, K.J., Jonesb, T.P., Morenoa, T., Andersona, S., Richards, R.J., The spatial and temporal variations in PM10 mass from six UK homes, Science of the Total Environment, 324, 41–53, 2004.

Mestl, H.E.S., Aunan, K., Seip, H.M. Health benefits from reducing indoor air pollution from household solid fuel use in China-Three abatement scenarios, Environment International, 33,831–840, 2007.

**Çizelge 3.15.** İç Ortam İçin Tespit Edilmiş Önemli Standartların Karşılaştırılması

**Yüksel Köksal**, Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 2001, İzmir

**Çizelge 3.16.**Uluslararası ve Türkiye’de Hava Kalitesi Konsunda Yayınlanmış Olan Standart

Altın S.H., İç Ortam Hava Kirliliğinin Doğurabileceği Sağlık Etkileri, 19 Mayıs Ü. Çevre Mühendisliği,2015

**Çizelge 4.1.** Ahşap Paneller, İmalatı, Ana Kullanımı ve Formaldehit Salınımı

**Çizelge 4.2.**Türkiye’deki MDF Üretimi Yapan Firmalarının Beyan Ettikleri Formaldehit Ürün Standartları

(Handan Enginkalp Arşivi)

**Çizelge 5.1.** Avrupa, Avustralya, Amerika ve Japonya’daki Ahşap Esaslı Paneller İçin Formaldehit Emisyon Standartları

Boran S., Usta M.,Odun esaslı panellerde açığa çıkan formaldehit ve formaldehit sınırları hakkında bilgiler, Karadeniz T.Ü. Orman Mühendisliği, 2010