

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI MALZEMELERİNİN İÇ MEKAN HAVA
KALİTESİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**KÜBRA ZORLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**GEBZE
2019**

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YAPI MALZEMELERİNİN İÇ
MEKAN HAVA KALİTESİNE ETKİSİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

KÜBRA ZORLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. TÜLAY TIKANSAK KARADAYI

GEBZE

2019

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**A RESEARCH ABOUT THE EFFECT OF
BUILDING MATERIALS ON INDOOR AIR
QUALITY**

KÜBRA ZORLU

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE**

**THESIS SUPERVISOR
PROF. DR. TÜLAY TIKANSAK KARADAYI**

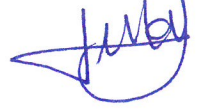
**GEBZE
2019**

GTÜ *Fen Bilimleri* Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun *26/11/2019* tarih ve *2019.../...52* sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *09/12/2019* tarihinde tez savunma sınavı yapılan *Köbe Zorlu*'ın tez çalışması *Mimarlık* Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

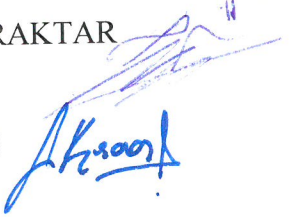
ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : PROF. DR. TÜLAY TIKANSAK KARADAYI



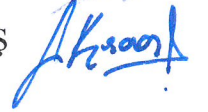
ÜYE

: DOÇ. DR. NESLİHAN TÜRKMENOĞLU BAYRAKTAR



ÜYE

: DR. ÖĞR. ÜYESİ SANİYE KARAMAN ÖZTAŞ



ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi *Fen Bilimleri* Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Prof. Dr. Ümit Demir

Gebze Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Yapıların inşa edilmesindeki en önemli amaç, kullanıcı gereksinimlerini karşılayarak insanlara güvenli, konforlu, yaşanabilir ortamlar sunmaktır. Kapalı mekanlardaki güven ve konfor ortamını oluşturmak, iç çevrede ortam kalitesini sağlamakla mümkündür. Bu nedenle iç ortam kalitesinin temel bileşenleri olan, termal, görsel ve akustik konforun yanı sıra iç mekan hava kalitesinin de yapı tasarımlarında dikkate alınması gerekmektedir. İç mekan hava kalitesinde önemli rolü olan yapı malzemeleri, iç çevre üzerinde olumlu ve olumsuz etkilere sahiptir. Sanayi devriminden önce yapı malzemeleri doğal ve yalın halleriyle yapılarda kullanılabilmekteydi. Sanayi devriminden sonra yapı malzemelerinin endüstride üretilmesi sürecinde, fabrikalarda kullanılan kimyasallar, yapıştırıcı ve vernikler nedeniyle uçucu organik bileşik, formaldehit gibi kullanıcının sağlığına zararlı bileşenler malzemenin yapısına işlenmektedir. Böylece bu zararlı bileşenleri içeren yapı malzemelerinin yapılarda kullanılmasıyla iç mekan hava kalitesi bozulmaktadır ve asbest gibi zararlı malzemelerle inşa edilen yapılar insan sağlığı için risk oluşturmaktadır. Bununla birlikte hasta bina sendromu gibi bina ile ilişkili hastalıklar ortaya çıkmakta ve çalışma verimliliğinin de düşmesine neden olmaktadır. Yapılarda uygun bir iç hava kalitesi sağlanmasında kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri bu açıdan önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesine etkisi incelenmiştir. Tez kapsamında iç mekan hava kalitesinin önemi, iç hava kalitesini etkileyen faktörler, iç mekan hava kirleticileri, iç mekan hava kalitesinde yapı malzemeleri rolü ele alınmıştır. Yapı ürünleri ve iç mekan hava kalitesi üzerine yapılan çalışmalar irdelenerek, yapı malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iç mekan hava kalitesine etkileri belirlenmiş, bulgular tablo ve grafiklerle ortaya konulmuştur. Yapı malzemelerinin doğru seçilmesi ile ilgili öneriler sonuç bölümünde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Malzemeleri, İç Mekan Hava Kalitesi, Kullanıcı Konforu.

SUMMARY

The most important aim in building structures is to provide safe, comfortable and livable environments to people by meeting user requirements. It is possible to create an atmosphere of confidence and comfort in indoor spaces by ensuring the quality of the environment in the interior environment. In this context, indoor air quality as well as thermal, visual and acoustic comfort, which are the main components of indoor quality, should be taken into consideration in building designs. Building materials, which play an important role on indoor air quality, have positive and negative effects on the indoor environment. Before the industrial revolution, building materials could be used in buildings in their natural and simple form. In the process of producing building materials in the industry after the industrial revolution, the components that are harmful to the health of the user such as volatile organic compound, formaldehyde due to chemicals, adhesives and varnishes used in the factories are processed into the structure of the material. In this context, indoor air quality is deteriorated by the use of building materials containing these harmful components in the buildings, and structures constructed with harmful materials such as asbestos pose a risk to human health. However, building-related diseases, such as sick building syndrome, occur in and lead to a decrease in work efficiency. The properties of the building materials used in the construction of a suitable indoor air quality gain importance in this respect.

In this study, the effect of building materials on indoor air quality was investigated. The importance of indoor air quality, factors affecting indoor air quality, indoor air pollutants and the role of building materials in indoor air quality are discussed in the thesis. The effects of physical, chemical and biological properties of building materials on indoor air quality were determined and the findings were presented with tables and graphs. Recommendations for the correct selection of construction materials are given in the conclusion section.

Key Words: Building Materials, Indoor Air Quality, User Comfort.

TEŞEKKÜR

BaŐta, y¼ksek lisans eğitimimde bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danıŐmanım Prof. Dr. T¼lay TIKANSAK KARADAYI'ya

B¼t¼n eğitim hayatım boyunca yanımda olan ve beni destekleyen Anneme ve Babama teŐekk¼r ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı	2
1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı	3
1.3. Tezin Yöntemi ve Bilime Katkısı	4
2. İÇ MEKAN HAVA KALİTESİ	5
2.1. İç Mekan Hava Kalitesinin Önemi	5
2.1.1. İç Mekan Hava Kirliliği	8
2.1.2. İç Mekan Hava Kirliliğinin Kaynakları	10
2.1.2.1. Dış Hava Kirliliği	10
2.1.2.2. Yapı Malzemeleri	12
2.1.2.3. İç Mekan Donanımları	15
2.2. İç Mekan Hava Kalitesini Etkileyen Faktörler	18
2.2.1. Havalandırma	19
2.2.1.1. Doğal Havalandırma	20
2.2.1.2. Yapay Havalandırma	23
2.2.2. İç Mekan Hava Kirlleticileri	24
2.2.2.1. Uçucu Organik Bileşikler	25
2.2.2.2. Formaldehit	29
2.2.2.3. Pestisit	30
2.2.2.4. Kurşun	32
2.2.2.5. Asbest	33
2.2.2.6. Radon	35

2.2.2.7. PVC	38
2.2.2.8. Biyoaerosoller (Mikroorganizmalar)	40
2.2.2.9. Partikül Maddeler ve Tozlar	42
2.2.3. Koku Kalitesi	44
2.2.4. Isıl Konfor	45
2.2.4.1. Sıcaklık	46
2.2.4.2. Nem	47
2.2.4.3. Hava Akım Hızı	49
2.2.5. Diğer Unsurlar	50
2.3. İç Mekan Hava Kalitesinin İnsan Sağlığına Etkisi	51
2.3.1. Bina ile İlişkili Hastalıklar	52
2.3.1.1. Hasta Bina Sendromu	54
2.3.1.2. Lejyoner Hastalığı	56
2.4. İç Mekan Hava Kalitesi ile İlgili Standartlar	57
2.4.1. Uluslararası Standartlar	58
2.4.2. Ulusal Standartlar	63
3. YAPI MALZEMELERİNİN İÇ MEKAN HAVA KALİTESİNE ETKİSİ	66
3.1. Malzeme Türlerine Göre Yapı Malzemelerinin İç Mekan Hava Kalitesindeki Rolü	68
3.1.1. Doğal Taş Malzemeler	69
3.1.2. Metaller	71
3.1.3. Doğal Ahşap	74
3.1.4. Yapay Ahşap	75
3.1.5. Beton, Çimento ve Agregası	78
3.1.6. Pişmiş Toprak Malzemeler	82
3.1.7. Plastikler	83
3.1.8. Yalıtım Malzemeleri	85
3.1.9. Boyalar	88
3.1.10. Akıllı Malzemeler	89
3.2. Yapı Malzemelerinin İç Mekan Hava Kalitesi Açısından Etki Değerlendirmesi	92
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	106
4.1. Sağlıklı İç Mekan Hava Kalitesi İçin Önlem ve Öneriler	111

KAYNAKLAR
ÖZGEÇMİŞ

116

123



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Acıklamalar</u>
<u>Kısaltmalar</u>	
L/s	: lesitin/sfingomiyelin oranı
NO ₂	: Azot dioksit
O ₃	: Ozon
PM _{2,5}	: 2,5 mikrona kadar partikül madde
PM ₁₀	: 10 mikrona kadar partikül madde
SO ₂	: Kükürt dioksit
°C	: Santigrat
ppm	: miligram/litre
m ³	: metreküp
lif/ cm ³	: lif/santimetreküp
CHCl ₃	: Kloroform
yy	: Yüzyıl
Bq/m ³	: bekerel/metreküp
m ³ /saat	: metreküp/saat
DEHP	: Dietilheksil fitalat
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ABS	: Akrlonitril Bütadien Stiren
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ASHVE	: Amerikan Isıtma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği
CEN	: Avrupa Standartlar Komitesi
CENELEC	: Avrupa Standart Komitesi ve Avrupa Elektronik Standartlar Komitesi
CFC	: Kloroflorokarbon
CLT	: Çapraz Lamine Ahşap
DİE	: Devlet İstatistik Kurumu
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü

DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
DDT	: Dikloro Difenil Trikloroethan
EMEP	: Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Pollutants in Europe
EN	: Avrupa Birliği Standartları
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevresel Koruma Ajansı)
EPS	: Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük
ETS	: Çevresel Tütün Dumanı
EVA	: Etilen Vinil Asetat
GLULAM	: Tutkallı Lamine Ahşap
HBS	: Hasta Bina Sendromu
HDF	: Yüksek Yoğunluklu Lif Levha
HVAC	: Heating, Ventilation and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma ve Soğutma)
ISO	: The International Organization for Standardization (Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu)
İHK	: İç Hava Kalitesi
İİBF	: İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
LSL	: Tabakalı Yonga Ahşap
LVL	: Lamine Ahşap Kaplama
MDF	: Orta Yoğunluklu Lif Levha
OSB	: Yönlendirilmiş Yonga Levha
PET	: Polietilen Tereftalat
PEX	: Çapraz Bağlı Polietilen
PCP	: PentakloroFenol
PSL	: Paralel Yonga Ahşap
PVC	: Polivinil Klorür
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
TPO	: Termoplastik Poliolefin
TS	: Türk Standartları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TS EN	: Avrupa Birliği Standartlarına uyumlaştırılmış Türk Standartları

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
UFFİ : Formaldehit Köpük
UOB : Uçucu Organik Bileşik
XPS : Haddelenmiş Polistiren Sert Köpük
YDD : Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1: Tezin yöntem şeması.	4
2.1: İç ortam kalitesini belirleyen faktörler.	6
2.2: Radon kirliliğinin kaynakları.	12
2.3: İç mekan hava kalitesini etkileyen faktörler.	19
2.4: Doğal havalandırmada baca etkisi.	21
2.5: Yeterli veya etkisiz havalandırma örnekleri.	21
2.6: Çift tabakalı cephe sistemi şematik kesiti.	22
2.7: Partiküllerin insan vücudunda birikme durumları.	42
2.8: Isıl konfor parametreleri.	46
3.1: Biyofilm oluşumu.	74
3.2: Yapay ahşap malzemeler.	76
3.3: Yapı malzemelerinin İHK'ne etki oranları.	103

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 : Dünya genelinde iç hava kirliliği nedeniyle meydana gelen ölüm oranları.	9
2.2 : İç hava kalitesini etkileyen yapı malzemeleri.	14
2.3 : Bazı mekanlar için kişi başına düşen taze hava miktarı.	16
2.4 : UOB'lerin özelliklerine göre sınıflandırılması.	25
2.5 : UOB kaynakları.	28
2.6 : Bazı UOB'lerin toksisite değerleri.	28
2.7 : Formaldehitin insan sağlığına etkileri.	29
2.8 : Pestisitlerin kronik etkileri.	31
2.9 : Kurşunun insan sağlığına etkileri.	32
2.10: Asbestle ilgili ülkemizde görülen hastalıklar.	34
2.11: Bazı ülkelerde yapı içi ortalama radon oranı.	37
2.12: Bazı ülkelerde radon eşik seviyelerinin uluslararası kuruluşlarca belirlenen değerleri.	38
2.13: İç hava kalitesinin niteliğine göre renkler ve değerlere göre sınıflandırılması.	43
2.14: Isıl konfor için sınır değerler.	46
2.15: İç ortamda ısı konfor için ortalama sıcaklık değerleri.	47
2.16: Havada bulunması gereken nem oranları.	48
2.17: Bina ile ilişkili hastalıklarda görülen belirtiler.	53
2.18: Bina ile ilişkili hastalıklar.	54
2.19: HBS'da görülen semptomlar.	55
2.20: Lejyoner hastalığında ana belirtiler.	56
2.21: İç hava kalitesi için ASHRAE-62 standart değerleri.	59
2.22: Farklı işlevdeki mekanlar için, ısıtma-soğutma eşik değerleri.	60
2.23: ASHRAE standartlarında iç hava ortamına göre tedbirler.	60
2.24: EN 13779 standartlarına göre iç hava kalitesinin sınıflandırılması.	61
2.25: Kirliliğe göre dış hava koşullarının sınıflandırılması (EN 13779).	62

2.26:	TS’da iç hava kalitesi ile ilgili düzenlemeler.	63
3.1 :	Doğal taşların iç hava kalitesine etkisi.	71
3.2 :	Metallerin insan sağlığına etkileri.	73
3.3 :	Bazı yapay ahşap ürünlerin formaldehit oranları.	77
3.4 :	Ahşap malzemelerin insan sağlığına etkisi.	78
3.5 :	Betonun içerisindeki zararlı bileşenler.	79
3.6 :	Yapı ürünlerinin radon oluşum katsayısı.	81
3.7 :	Plastik malzemelerin üretimi ve kullanımı sırasında ortaya çıkan toksik maddeler ve insan sağlığına etkileri.	85
3.8 :	YDD’ye göre yalıtım malzemelerin emisyon değerleri.	87
3.9 :	Boyalardaki UOB miktarı.	88
3.10 :	İç hava kalitesi için kullanılan akıllı malzemeler.	90
3.11 :	Yapı malzemelerinin içeriğinde bulunan kirletici maddeler.	94
3.12 :	Yapı malzemesinin İHK’ne olası olumsuz etkileri (emisyon).	98
3.13 :	Yapı malzemelerinin İHK’ne olası olumsuz etkileri (lif, partikül, koku).	99
4.1 :	Yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesine etkisi.	107
4.2 :	Yapı ürünlerinin iç hava kalitesine etki türü.	110

1. GİRİŞ

İnsanlar barınma ve diğer ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla doğal çevreyi dönüştürerek yapay çevre oluşturma eylemini ilk çağlardan günümüze kadar sürdürmüşlerdir. Bu süreçte, eski çağlardan sanayi devrimine kadar, yapılar inşa edilirken yapı malzemeleri doğal ve yalın haliyle kullanılabilmekteydi. Nitekim geleneksel yapılar göz önüne alındığında; tercih edilen malzemelerin çoğunlukla ahşap, taş ve kerpiç gibi doğal malzemeler olduğu gözlemlenebilmektedir. Sanayi devriminden sonra ise hem kullanılan malzemelerde, hem de yapı üretiminde geleneksel süreçlere göre birtakım değişiklikler ortaya çıkmıştır. 18.yy'ın ikinci yarısından sonra hız kazanan endüstrileşme sonucunda, kentlerde işçi göçlerine bağlı nüfusun artması, aynı zamanda gelişen teknolojinin sağladığı olanakları ile yeni malzemelerin üretilmeye başlanması gibi etkenler kentlerde yapılaşmanın artmasına, yeni yapı türlerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Hızlı kentleşme ve modernleşmeye bağlı olarak gökdelen ve rezidanslar gibi yeni konut ve ofis yapılarının ortaya çıkması, yapı alanında kullanılacak alternatif malzemelerin çeşitlenmesi, yapı sektöründe doğal malzemelerin yanı sıra yapay malzemelerin kullanımına da olanak sağlamıştır. Bu yeni yapılarda kullanılan malzemelerin bazıları; beton, seramik, çelik, alüminyum, çimento, yalıtım malzemeleri, kompozit malzemeler, yapay ahşap, cam, akıllı malzemeler ve plastiklerdir. Bu malzemelerden bir kısmı, sanayide bazı işlemlere tabi tutulduğu için dayanımı artırılmış, farklı ve yeni niteliklere sahip, estetik açıdan istenilen formlara göre şekillendirilebilen, kullanılacağı yapı türüne göre istenilen ölçülerde boyutlandırılabilen özelliktedir. Tüm bu yenilikler yapı alanında sağladığı birçok avantaj ile birlikte, bazı dezavantajlara sahiptir.

19.yy'da yaşanan gelişmelerle teknolojik olanaklar, ekonomik büyüme artarken diğer yandan çevre sorunları da bu ilerlemeye paralel olarak ortaya çıkmıştır. Doğal kaynakların tükenmesi, enerji kaynaklarının azalması, fosil yakıtların çevre kirliliği oluşturması ile meydana gelen küresel ısınma, karbon emisyonu, sera gazı etkisi gibi çevre sorunlarının azaltılabilmesi için küresel ölçekte ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri benimsenmiş ve bazı hükümetler ve yerel yönetimler bu çerçevede, çevre politikalarında sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için çalışmalar yapmıştır ve yapmaktadır.

1960'lı yıllardan sonra ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı ile çevre duyarlılığının gelişmesi, yapı sektörüne de yansımıştır. Yeşil ve sürdürülebilir mimari kapsamında doğal kaynakların korunması, enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacın azaltılması için ekolojik tasarım ilkeleri ile çevreye duyarlı eko yapıların çevreye kazandırılması önem kazanmıştır. Mimaride ekolojik yaklaşımlar açısından eko yapıların inşasında, sürdürülebilir malzemelerin seçilmesi ve kullanılması da dikkat edilmesi gereken hususlardan birisidir. Bu durumda yapı malzemelerinin sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde ele alınması gerekmektedir.

Sürdürülebilir yapı malzemeleri, hammaddenin doğadan elde edilmesinden, kullanım ömrünü tamamlayınca oluşan atıkların geri dönüştürülmesine kadar, malzemenin tüm yaşam döngüsü boyunca ekolojik yaklaşımlara bağlı üretilen ürünlerdir. Sürdürülebilir bir malzemenin geri dönüştürülebilir içeriğe sahip olması, yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi, tüm yaşam döngüsü boyunca üretimi ve nakliyesi için az enerji ve su tüketmesi, uygun iç hava kalitesi açısından toksik madde içermemesi veya malzeme üretiminde kullanılan toksik maddelerin oranlarının, yasal çerçevelerde belirlenen sınır oranlarını geçmemesi gibi bazı özelliklere sahip olmalıdır. Bu nedenle, bu çalışmada, iç mekan hava kalitesi ve kullanıcı konforu sağlanmasında önemli bir role sahip olan yapı malzemelerinin, iç hava kalitesine etkisini araştırılmaktadır.

1.1. Problemin Tanımı

İnsanlar günümüzde barınma ve çalışma gibi ihtiyaçları için günlük yaşamlarının önemli bir kısmını kapalı alanlarda geçirmektedirler. Demirarslan ve Başak'ın 2018 yılında hasta bina sendromu ve iç mekan hava kalitesi üzerine yazdıkları makaleye göre BM (Birleşmiş Milletler) araştırmalarında, vakitlerinin çoğunu kapalı alanlarda geçiren insanların % 88'inde, bu ortamlarda iç hava kirleticilerinin yayılmasından dolayı iç mekan hava kalitesi bozulduğu için bina ile ilişkili hastalıklar ve hasta bina sendromu gibi sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır [Demirarslan ve Başak, 2018]. Buna göre iç mekan hava kalitesinin bozulmasına sebep olan etkenlerden birisinin, iç ortam hava kirleticileri olduğu görülmektedir. Ayrıca yapı malzemeleri de iç mekan hava kalitesini önemli ölçüde belirleyen etkenlerdendir. Özellikle yapı malzemelerinin sanayide üretilmesi işleminde;

kullanılan kimyasallar, yapıştırıcı ve vernikler nedeniyle uçucu organik bileşik, formaldehit gibi kullanıcının sağlığına zararlı bileşenler malzemenin yapısına işlenmektedir. Bu zararlı bileşenleri içeren yapı malzemelerinin yapılarda kullanılmasıyla da iç mekan hava kalitesi bozulmakta ve hasta bina sendromu gibi bina ile ilişkili hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede, bozulan iç mekan hava kalitesi sadece insan sağlığını olumsuz etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda çalışanların çalışma verimliliğinin de düşmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, zararlı içeriğe sahip yapı malzemeleriyle inşa edilen yapılar insan sağlığı için risk oluşturmaktadır. Yapılarda uygun bir iç hava kalitesi sağlanmasında kullanılan yapı malzemelerinin biyolojik özellikleri bu noktada önem kazanmaktadır.

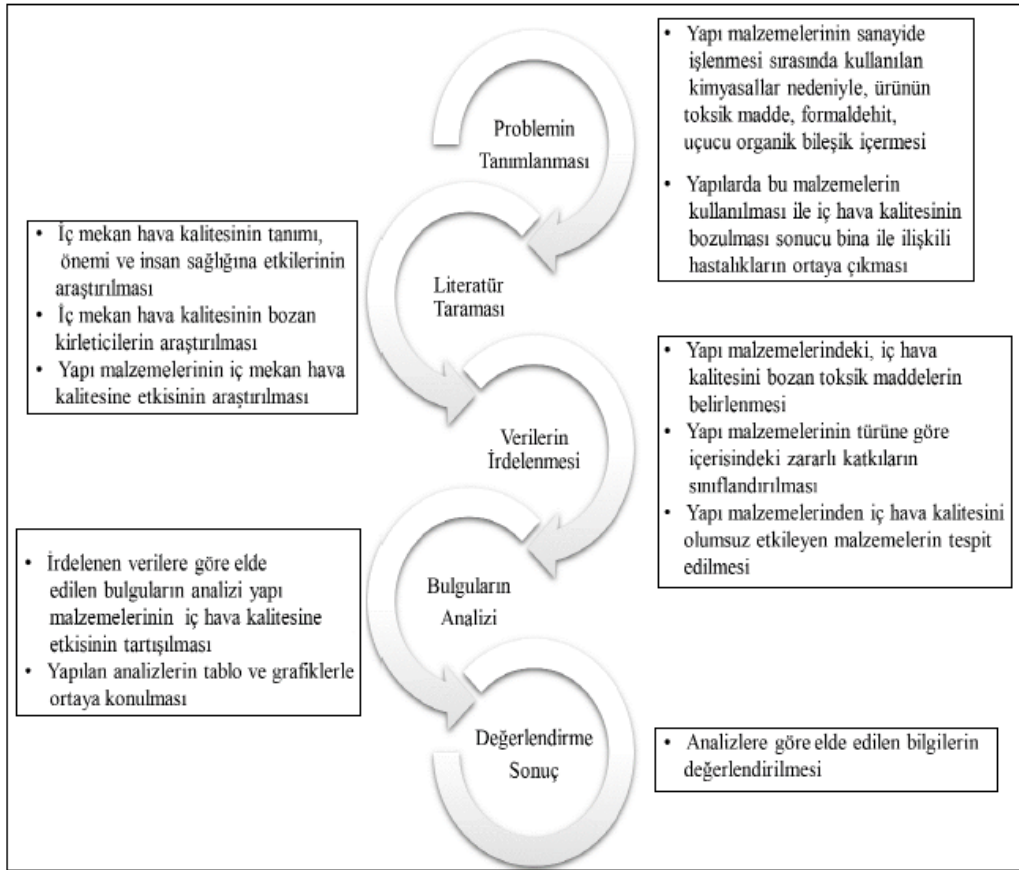
1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı

Yapıların inşa edilmesi ve kullanılması sırasında malzeme seçimi, iç mekan hava kalitesi açısından önemli bir etkidir. Ekolojik tasarım kriterleri arasında önemli yer tutan kullanıcı konforunun, iç hava kalitesinin yapılarda sağlanmasında yapı malzemelerinin doğru seçilmesi, kullanımı ile fabrikalarda da ekolojik tasarım kriterlerine uygun malzeme üretiminin sağlanabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada yapı malzemelerinin iç hava kalitesine etkilerini üzerine bir araştırma yapmak amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın içeriğinde, iç mekan hava kalitesinde kullanıcı konforunun sağlanabilmesi için, yapı malzemelerinin önemi üzerinde durulmaktadır. Tezin ikinci bölümünde iç mekan hava kalitesi, iç mekan hava kirliliği, iç mekan hava kalitesini etkileyen faktörler, iç mekan hava kalitesinin insan sağlığına etkileri anlatılmakta ve formaldehit, uçucu organik bileşik içeren iç ortam havasına maruz kalan kullanıcılarda meydana gelen bina ile ilişkili hastalıklar (hasta bina sendromu, lejyoner sendromu) ele alınmaktadır. Tezin üçüncü bölümünde ise yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesine etkisi ve önemi irdelenmektedir. Tez kapsamında elde edilen veriler analiz edilerek sonuç bölümünde değerlendirilmekte, bundan sonraki bilimsel çalışmalar için bir altlık oluşturmak amaçlanmaktadır.

1.3. Tezin Yöntemi ve Bilime Katkı

Bu çalışmada, yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesine etkilerini saptamak için, ilk olarak iç mekan hava kalitesi kavramı, bu kavramın önemi, iç hava kalitesini etkileyen faktörler, iç mekan hava kirleticileri literatür taramasına dayalı olarak araştırılmıştır. İç mekan hava kalitesini bozan bileşiklerin belirlenmesi için bu alandaki diğer bilimsel çalışmalar incelenmiştir. İç mekan hava kalitesinin sağlanabilmesi için uygun malzeme seçimi gibi konularda, incelenen kaynaklar sonucunda toplanan bilgiler irdelenerek, elde edilen veriler değerlendirilmiş, bulgular sonuç bölümünde ortaya konulmuştur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Tezin yöntem şeması.

Tezin amacı, kapsamı ve yönteminde belirtilen konular üzerine literatür araştırmasına dayalı incelemelerle elde edilen verilerin olumlu, olumsuz sonuçlarının tez kapsamında tartışılması ve değerlendirilmesi ile bu konu üzerine bir kaynak ortaya koymak, bu alanda yapılacak diğer çalışmalar için bir altlık oluşturmak amaçlanmaktadır.

2. İÇ MEKAN HAVA KALİTESİ

İç mekan hava kalitesi, yapılarda kullanıcı konforunun sağlanması için gerekli olan iç ortam kalitesinin temin edilmesinde, önemli rol oynayan parametrelerden birisidir. İç mekan hava kalitesi, EPA (Environmental Protection Agency)'ya göre şu şekilde tanımlanmaktadır:

“İçinde bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içerisinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranının havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır” [EPA, 1997].

Çalışmanın bu bölümünde iç mekan hava kalitesi ve bu kavramın önemi, iç mekan hava kalitesini etkileyen faktörler, iç ortam hava kirleticileri, iç mekan hava kalitesinin insan sağlığına etkileri üzerinde durulmaktadır. Ayrıca bu bölümde, iç hava kirliliği ve bu kirliliğin kaynakları da ele alınmıştır.

2.1. İç Mekan Hava Kalitesinin Önemi

Ülkemizde TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)'in verdiği 2016 kentsel ve kırsal nüfus oranlarına göre Türkiye nüfusunun %90'ı kentsel alanlarda yaşamaktadır [TÜİK, 2016].

Kentleşmenin fazla olduğu alanlarda, nüfusun büyük bir kısmı, vakitlerinin çoğunu farklı aktiviteler nedeniyle kapalı ortamlarda geçirmektedirler. İnsanların barınma, çalışma, eğitim alma, sosyalleşme gibi temel gereksinimlerini karşılamaları için kapalı ortamları ihtiyaçları vardır. Kapalı ortamlar; ofisler, konut ve okul yapıları, hastaneler, kütüphane ve kafeteryalar gibi bir dış kabuk ile doğal çevreden ayrılan, ihtiyaca, kullanıcı sayısına ve işlevine göre farklı formlarda inşa edilen yapay hacimlerdir.

Yapay hacimlerin inşa edilmesinde temel neden, insanların farklı aktiviteleri için, gereken mekanları oluşturarak, ihtiyaçlarını karşılamaktır. Ancak bu eylemi gerçekleştirirken temel amaçlardan birisi, yapı ömrü boyunca, kullanıcılar için ısı, aydınlatma, havalandırma açısından uygun konfor koşullarının sağlanabilmesi olmalıdır. Yapıların inşa edilmesindeki temel amaç bu doğrultuda olduğu halde,

yapılarda konfor koşullarının sağlanamadığı durumlarda kullanıcılar üzerinde biyolojik ve psikolojik sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir. Bu sağlık sorunlarının yanı sıra, çalışma verimleri ve etkinlikleri de düşebilmektedir [Alptekin ve Çelebi, 2015]. Ancak insan sağlığı üzerindeki bu etkiler bazı durumlarda kısa süreli değil uzun süreli olarak ortaya çıktığından dolayı iç ortam kalitesine ve bu parametreye bağlı olan iç mekan hava kalitesine gereken önem verilmeyebilmektedir. Bu nedenle

“yapı içerisinde insanların barınma ve korunma gereksinimleri sağlanırken, ruh ve beden sağlıkları için uygun koşullar da oluşturulmalıdır” [EPA, 2011].

Yapı içerisinde, insanların ruh ve beden sağlıklarına uygun koşulların oluşturulması, iç ortam kalitesinin sağlanması ile mümkündür. İç ortam kalitesi, kapalı mekanlarda, ısı konforu, doğal aydınlatma, havalandırma, akustik konfor, iç mekan hava kalitesi gibi kullanıcı sağlığını etkileyen tüm fiziksel ve çevresel faktörleri kapsamaktadır [Aydın, 2017], (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: İç ortam kalitesini belirleyen faktörler.

İç ortam kalitesinin, insanların tüm gereksinimlerinin karşılayabilecek nitelikte olması halinde, kullanıcının sağlığı, etkinliği ve verimliliği açısından kapalı mekanlardaki konfor koşulları temin edilmiş olacaktır. İç ortam kalitesini belirleyen ısı konforu, doğal aydınlatma, doğal havalandırma, akustik konfor koşulları,

insanların zamanlarının % 80-90'nını geçirdikleri iç ortamlarda, kullanıcıları etkiledikleri gibi iç mekan hava kalitesi de kullanıcıları etkileyen bir diğer parametredir. Bu nedenle iç ortam kalitesinin sağlanabilmesi için, her faktörün insan sağlığı, kullanıcı etkinliği ve verimliliği üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır. Ayrıca iç mekan hava kalitesinin de iç mekan konfor koşulları açısından önemi göz önünde bulundurulmalıdır.

İç mekan havası bir diğer adıyla kapalı ortam havası, resmi kurumlar, konutlar, işyerleri, eğitim yapıları, hastane ve kültür yapıları gibi farklı işlevlerdeki hacimlerin, iç ortamlarında solunan havadır.

İç mekan hava kalitesi, ağırlıklı olarak 1970'li yıllarda petrol krizinden sonra, enerji kısıtlamalarından kaynaklanan sorunlar nedeniyle ortaya çıkan ve önem kazanan bir kavramdır. Petrol krizinden sonra, ekonomiden kaynaklı enerji kısıtlamalarının getirdiği tasarruf politikaları nedeniyle; petrolün son ürünü olan plastik ve sentetik liflerin yapılarda kullanılması, HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) sistemlerinin kullanımının azaltılması, havalandırmanın gerekli miktarlarda yapılmaması, yapı kabuklarının doğal havalandırma ve aydınlatmayı sağlamayan formlarda tasarlanması, iç ortam kirleticilerinin yapılarda yayılmasıyla iç ortam hava kalitesinde bozulma meydana gelmiştir. Buna bağlı olarak da kullanıcıların 1990'lı yıllarda, kapalı ortamdaki hava kirliliğinden dolayı sağlık sorunları yaşamaları, iç mekan hava kalitesi üzerine yapılan araştırmaları yoğunlaştırmıştır [Yurtseven, 2007].

Dış havada olduğu gibi, iç hava da oksijen, karbondioksit, azot, hidrojen, gibi çeşitli gazlardan oluşmaktadır ve bu gazların farklı konsantrasyonlarda hava içerisinde bulunması, havanın kalitesini belirlemektedir [Motör, 2011].

İç mekanda yer alan, yapı malzemelerinden salınan kimyasallar, formaldehit, uçucu organik bileşik gibi kirleticiler, yanma sonucu oluşan azot ve karbon gazlarının havaya karışması, sigara dumanı, radon gibi bileşikler hava kalitesini etkileyen etkenlerdendir. Bu kirleticilerin hava içerisinde, ulusal ve uluslararası standartlarda verilen oranlardan daha fazla bulunması iç mekan hava kalitesini bozmaktadır. İç ortam hava kirleticileri uygun olmayan ısı, sıcaklık ve nem koşullarında, yetersiz havalandırmada, ısıtma ve soğutma sistemlerinin elverişsiz ve yetersiz olması gibi durumlarda, kapalı ortamlarda oluşarak havaya yayılmaktadır.

İç mekan hava kalitesi ile ilgili yapılan bazı bilimsel çalışmalara göre, farklı merkezlerde yapılan iç hava ölçümleri, iç ortamdaki kirliliğin, yasalarca belirlenen

sınır değerlerin üzerinde olduğunu göstermektedir. Bu çalışmalarda birisi olan, Alptekin ve Çelebi'nin makalesine göre Dumlupınar Üniversitesi'ndeki bazı iç mekanlarda yapılan ölçümlere göre sonuçlar şu şekildedir:

“İç ortam hava kirlilik oranları, dış ortamdaki hava kirlilik oranlarına göre yüksek çıkabilmektedir. İç mekanlarda kullanılan malzemelerin, iç mekan donanımlarının, kullanıcı sayısı ve eylemlerinin ortamda biriken toz miktarının artmasına neden olduğu görülmüştür”[Alptekin ve Çelebi, 2015].

Bu oranların, standart değerlerden fazla olması, kullanıcılarda bina ile ilişkili hastalıkların ortaya çıkmasını tetiklemektedir. Otlu'nun Turgut Özal tıp merkezindeki çalışanlarda hasta bina sendromu görülme olasılığı üzerine yaptığı araştırmaya göre tıp merkezinde çalışanlardan araştırmaya katılanların % 62.7 hasta bina sendromu gözlenmiş, bu oranın % 27'sini kadınların, %56.7 erkeklerin oluşturduğu saptanmıştır [Otlu, 2012]. Bu durumlar göz önüne alındığında iç mekan hava kalitesinin, iç ortam kalitesini oluşturan en önemli etkenlerden birisi olduğu görülmektedir. Kapalı ortamlarda konfor koşullarına uygun, verimli bir hava elde edilebilmesi için iç mekanda, kirleticilerin meydana getirdiği hava kirliliğinin mümkün olabildiğince önlenmesi, insan sağlığını ve etkinliğini olumsuz etkileyen kirletici oranlarının, standartlarda belirlenen sınır değerlerini geçmemesi gereklidir.

2.1.1. İç Mekan Hava Kirliliği

İç ortam hava kirliliği, kapalı mekanlarda insan sağlığını olumsuz etkileyen toz ve partiküllerin havaya karışarak, iç mekan hava kalitesini bozması sonucunda ortaya çıkmaktadır. İç hava ortamında kirliliğin oluşmasında dış ortam havası, kullanıcı aktiviteleri, yapılardaki insan yoğunluğu, yapı malzemeleri, iç mekan donanımları gibi birçok parametre etkili olmaktadır.

İnsanların büyük bir kısmının, vakitlerinin çoğunu kapalı mekanlarda geçirdiği düşünüldüğünde, iç ortam hava kirliliği önemi yadsınamaz hale gelmektedir. Günümüzde EPA, ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), DSÖ (Dünya Sağlık Örgütü), AB gibi ulusal ve uluslararası birçok kuruluş bu konuda çalışmalar yapmakta, iç mekanda hava kirliliğinin azaltılması yönünde bilimsel veriler ortaya koymaktadırlar. DSÖ'nün 2012'de

ortaya koyduğu verilere göre, özellikle gelir düzeyi düşük olan ülkelerde, iç hava kirliliğine bağlı olarak 3,3 milyon kişinin, dış hava kirliliğine bağlı olarak ise 2,6 milyon kişinin öldüğü yaklaşık olarak saptanmıştır [DSÖ, 2012]. DSÖ'nün verilerine göre iç hava kirliliği nedeniyle insanlarda, felç ve beyin kanaması, kalp hastalıkları, solunum yolu hastalıkları kronik akciğer hastalıkları ve akciğer kanseri gibi hastalıklar görülmektedir. Bu verilere göre dünya genelinde iç hava kirliliğinden dolayı bu hastalıklara bağlı olarak meydana gelen ölüm oranları şu şekildedir [Web 1, 2019], (Tablo 2.1):

Tablo 2.1: Dünya genelinde iç hava kirliliği nedeniyle meydana gelen ölüm oranları.

İç Hava Kirliliğine Bağlı Hastalıklar	Oranlar
Felç ve beyin kanaması	% 34
İskemik kalp hastalıkları	% 26
Kronik obstrüktif akciğer hastalığı	% 22
Çocuklarda akut alt solunum yolları enfeksiyonları	% 12
Akciğer kanseri	%6

İnsan sağlığını olumsuz etkileyen hava kirliliğinin önlenmesi için, iç ortamda bulunan solunabilir partikül maddelerin konsantrasyonları belirlenmekte, bunun yanı sıra iç hava kalitesi için de ölçümler yapılmaktadır. Bu ölçümlerle ortam havasında bulunan partikül maddelerin büyüklükleri ve oranları tespit edilmektedir. Bu ölçümler belirli zamanlarda, belirli periyotlara göre farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. Genellikle yaz ve kış olmak üzere iki ayrı mevsimsel dönemde yapılan ölçümlere göre daha sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu ölçümler kısa süreli anlık ölçümler olarak yapıldığı gibi 8 saatten 1 haftaya kadar bir zaman dilimi için uzun süreli olarak da gerçekleştirilmektedir [Robin et al., 2007]. Aktif veya pasif yöntemlerle gerçekleştirilen ölçümlerde, ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen standart değerlere göre yorumlanarak, verilerle ilgili saptama yapılmaktadır. Aktif yöntemlerde genellikle kısa süreli anlık ölçümler kullanılırken, pasif ölçümler uzun süre gerektirmektedir [Sarriagiannis et al., 2011]. Bu ölçümler için ölçüm cihazları, örnek almak içinde çelik tüpler, pompa veya kanister gibi araçlar kullanılmaktadır. Ortam kirleticiler için örnek alma işleminde difüzyon gibi pasif yöntemler kullanılarak da örnek alınabilmektedir [Akal, 2013].

2.1.2. İç Mekan Hava Kirliliğinin Kaynakları

Kullanıcı konforu ve sağlığı için uygun iç hava kalitesinin sağlanabilmesi için, yapılarda ortam kirleticilerinin konsantrasyon seviyelerinin standart değerlerden daha az düzeyde olması veya tamamen ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bunun için de iç hava kirliliğine neden olan kirletici kaynaklarının kontrol altına alınması gerekmektedir. İç mekan hava kirliliği birçok faktörden etkilenmektedir. İnsan aktiviteleri, insan yoğunluğu, mekanın hacmi ve büyüklüğü, yapının dış çevre koşulları, yapı malzemeleri, iç mekan donanımları, sıcaklık, nem, havalandırma miktarı, iç mekandaki alet ve ekipmanları bu etkenlere örnek verilebilir. Örneğin, 50 kişilik bir mekana çok daha fazla insan yerleştirildiğinde, buradaki mevcut havanın kullanıcılara sağlıklı koşullar sunması olası değildir. Bu nedenle yapılar tasarlanırken mekanın işlevine göre, kullanıcı sayısı, insan aktiviteleri, insan yoğunluğu dikkate alınmalıdır. Bu ve benzeri durumları önlemek için, öncelikli olarak kirleticilerin oluşmasına neden olan kaynaklar iç ortamda tespit edilmelidir. İç mekan hava kirliliğinin kaynakları aşağıdaki bölümde açıklanmaktadır.

2.1.2.1. Dış Çevre Kirliliği

İç ortam hava kirliliği, binanın iç çevre şartlarından veya dış çevre koşullarından kaynaklanmaktadır. Yapay hacimlerin oluşturulma amacı, insanları zararlı dış çevre koşullarından korumak ve onlara konforlu alanlar sunmaktır. Ancak son yıllarda bazı kapalı ortamlardaki hava kirliliğinin, dış ortam hava kirliliğinden fazla olduğu, bu oranın özellikle kış aylarında belirginleştiği araştırma sonuçlarına göre tespit edilmiştir [Baek et al., 1997].

Yapılarda iç ortamdaki kirliliği önlemek adına taze hava ihtiyacı, doğal havalandırma ile karşılanmaktadır. Doğal havalandırma ile dış ortamdaki, kirletici partikül madde ve gazlar bina açıklıkları ve menfezlerden iç ortama alınabilmektedir. Havalandırma yoluyla yapı içerisine giren kirleticiler, ortamda yayılmakta ve soluma ile insan vücuduna alınarak, insan sağlığını etkilemektedir. Dış çevreden kaynaklı olarak ortaya çıkan kirlilik, iki grupta kategorize edilebilir. Bu kirlilik dış çevre koşullarına bağlı ortaya çıktığı gibi, dış çevre kirliliğe bağlı olarak da meydana gelmektedir [Web 2, 2019]. Dış hava koşullarına bağlı olarak meydana gelen

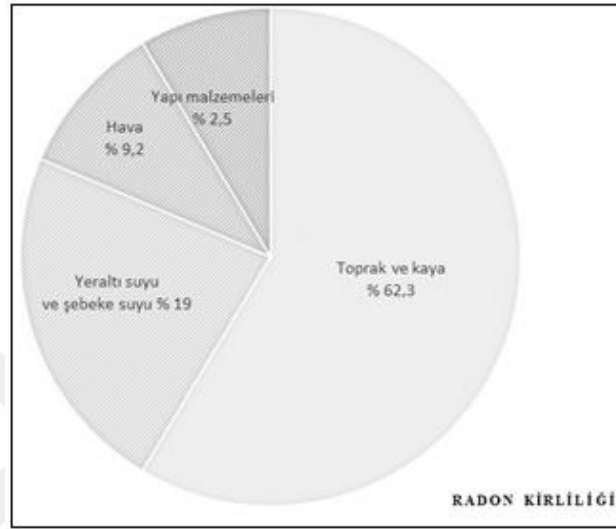
kirliliğin nedeni, yapının bulunduğu çevrenin iklim verileridir. Dış hava koşullarının sıcak, çok nemli veya kuru olması yapı içerisindeki sıcaklık ve nem oranını doğrudan etkilemektedir. Yapı içerisinde iç ortam kalitesini sağlayan temel parametrelerden birisi olan ısı konfor için, kapalı mekanlardaki sıcaklık ve nem değerlerinin standart değerlerden fazla veya az olmaması gerekmektedir. Bu oranların, yeterli düzeylerden fazla veya az olması durumunda mikroorganizmaların, iç ortamlarda üremesi ve yayılması kolaylaşmaktadır. Bu nedenle yapı kabuğu, yapı içinde uygun nem ve sıcaklık koşulları, dış çevre iklim verileri, yeterli havalandırmanın sağlanması gibi hususlar dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Yapının aşırı ısınması veya soğuması önlenerek uygun ısı ortamı temin edilmelidir.

Yapı içerisinde kirlilik oluşmasının bir diğer nedeni dış hava kirliliğidir. Kocaeli Dilovası gibi hava kirliliğinin bulunduğu alanlar, iç hava kirliliğini doğrudan etkilemekte ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Dış hava kirliliğinin fazla olduğu bölgeler, bu nedenle insan yerleşimine açılmamalı veya sanayi tesisleri yerleşim bölgelerinin dışına konumlanmalıdır. Dış hava kirliliği, motorlu taşıtlardan veya sanayi kaynaklı olarak oluşmaktadır. Buna bağlı olarak hava içerisindeki gaz konsantrasyonlarının gereken değerlerin üzerinde olması veya sanayi kaynaklı uçucu kül gibi partiküllerin hava ortamına karışması durumunda hava kirliliği meydana gelmektedir. Bu kirliliği önlemek için, endüstri yapılarının filtre kullanması, salınımları önleyecek çevre politikalarını benimsemeleri gerekmektedir. Aksi durumda hava kirliliği engellenememektedir. Bu nedenle sanayi ve motorlu taşıtlardan kaynaklı emisyonlar kontrol altına alınmalıdır.

Ülkemizde dış hava kirliliğini ölçmek için izleme istasyonları kurulmuştur. Bu istasyonlar, kirliliği bölgesel olarak ölçmektedir. Kirliletiçi maddelerden sadece SO₂ ve PM₁₀ her ilde ölçülmektedir. Bu ölçümlere göre dış hava içerisindeki partikül büyüklüğüne göre partikül miktarı tespit edilmiştir. Ayrıca Kongar'ın 2017 yılında Hava Kirliliğe ve Akciğer Sağlığı üzerine yaptığı çalışmaya göre Türkiye'de ölçülen PM₁₀ değerlerinin sadece Rize'de DSÖ ve AB'nin belirlediği sınır değerlerinin altında olduğu kalan illerin hepsinde partikül miktarının (PM₁₀ için) eşik değerlerinden fazla olduğu belirtilmiştir [Kongar, 2017].

Dış ortamdan kaynaklı bir diğer kirlilik, yapının konumlandığı toprağın niteliğine göre oluşan radon kirliliğidir. Radon kirliliği, iç hava kirliletiçilerinden birisidir. Toprağın yapısına bağlı olarak oluşan kirlilik, iç havanın niteliğini de etkilemektedir. Radon kirliliğini etkileyen parametreler, hava, yapı malzemeleri,

yeraltı suyu ve şebeke suyu, toprak ve kayadır. Ülkemizde jeoloji mühendisleri odasının yaptığı çalışmalara göre, radon kirliliğinin % 62,3 toprak ve kaya, % 19 yeraltı suyu ve şebeke suyu, % 9,2 hava, % 2,5 yapı malzemelerine bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu çalışma ile ilgili istatistiksel veriler şu şekildedir [Örgün ve Çelebi, 2016], (Şekil 2.2):



Şekil 2.2: Radon kirliliğinin kaynakları.

2.1.2.2. Yapı Malzemeleri

Sanayi devriminden önce yapılarda kullanılan malzemeler, taş, ahşap, kerpiç gibi doğal malzemelerdir. Herhangi bir katkı maddesi içermeyen bu malzemeler, doğadan elde edildikleri saf halleri ile kullanılmaktaydı. Taş ve ahşap sadece kesilip, öğütülerek, topraktan elde edilen kerpiç ise harç haline getirilerek istenilen boyutlarda elde edilebilmekteydi. Sanayi devriminden sonra ise inşaat alanında kullanılan malzemeler çeşitlilik kazanmıştır. Endüstride bazı işlemlere tabi tutularak üretilen yapay malzemelerde, bina yapımında doğal malzemelere alternatif oluşturmuştur. Yapay malzemeler, doğal malzemelere bazı katkı maddeleri eklenerek, istenilen standart ve boyutlarda, istenilen özellikte elde edilebilmektedirler. Bu nedenle fabrikasyon usulü elde edilen bu malzemelerin yapılarda kullanımı da yapı sektörüne birçok avantaj sunmaktadır. Ancak bu malzemelerin üretimi sırasında kullanılan kimyasallar, daha sonra yapının kullanımı, onarımı sırasında malzemelerden iç ortama yayılmaktadır. Uçucu organik bileşik ve

formaldehit bu kimyasalların başlıcalarıdır. Bu kimyasalların iç hava ortamında, yasal düzenlemelerdeki standart değerlerden fazla olması, insan sağlığını olumsuz etkilemekte ve bununla birlikte ofis, iş yeri gibi kapalı mekanlarda çalışanların verimini de düşürmektedir. Kullanımı yasaklanan, ancak eski yapılarda yalıtım malzemesi olarak kullanılan asbest, kanserojen madde emisyonları yayarak, insan sağlığı için potansiyel risk oluşturduğundan dolayı kirletici yapı malzemelerine örnek verilebilir. Bu bağlamda binalarda sağlıklı bir ortam temin etmek için, iç hava kalitesini arttıran, formaldehit, UOB gibi toksik madde yaymayan yapı malzemeleri tercih edilmelidir. Ayrıca malzeme seçimi sırasında sağlıklı olarak kabul gören bazı malzemelerin de, yapının kullanımı ve onarımı sırasında emisyon yayabileceği unutulmamalıdır.

Sadece yapı malzemeleri değil, aynı zamanda mobilyalar, ev eşyaları da zararlı kimyasallar içerebilmektedir. Bu durum hem yapı malzemeleri hem de iç mekan donanımlarının üretiminde kullanılan hammaddenin endüstride işlenmesi sırasında, malzemeye eklenen katkı maddelerinin zararlı bileşik içermesinden veya bu kirleticilerin doğrudan üretimde kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Yapı malzemelerinin kapalı ortamlarda kirlilik oluşturması sadece içerdiği zararlı bileşenlerinden dolayı emisyon yayması ile değil, aynı zamanda malzemenin yanması veya yapının kullanımında hasar görmesine bağlı olarak atık haline gelmesiyle de mümkündür. Yapıların ömrünü tamamlamasından sonra veya binanın tadilatı sırasında, kullanım süresini tamamlayarak atık haline gelen malzemelerin yaydığı toz ve partiküller iç hava ortamına karışmaktadır. Ayrıca yapı malzemelerinden elde edilen atıklar, geri dönüştürülmediğinde, katı atık tesislerde yakılarak imha edildiğinden, doğal çevrede cıva kirliliği oluşmaktadır.

PVC (polivinil klorür) malzemesi kapı ve pencerelerde tercih edilen malzemelerdendir. Yapılarda yoğun olarak kullanılan bu malzeme, kullanım sırasında emisyon yaymasa bile, bu malzemenin yanması durumunda dioksin olarak bilinen toksik madde açığa çıkmaktadır. Olası yangınlarda yapısı bozulan PVC'den üretilmiş yapı elemanları zararlı gazlar yaymakta ve insanların zehirlenmesine neden olmaktadır.

Ahşap yonga levhaların üretimi sırasında üre formaldehit reçinesi, HDF (yüksek yoğunluklu lif levha) ve MDF (orta yoğunluklu lif levha) gibi isimlendirilen ahşap levhaların yapıştırılmasında kullanılmaktadır. Bu reçine kanserojen formaldehit yaydığından, bu reçinenin kullanımıyla üretilmiş yonga levhalardan

yapılan yapı elemanı, ürün, mobilya ve eşyalarda kirletici kaynağı haline gelmektedir [Yengar, 2015].

Bambu ve ahşap gibi, hammaddesini doğadaki bitkilerin oluşturduğu, çiftçilerin yetiştirilmesiyle elde edilen yapı malzemelerinde ise, yetiştirme sırasında kullanılan pestisitler hammaddenin içeriğine işlendiği için bu malzemelerde zararlı emisyon yayabilmektedir. Bu nedenle bu malzemelerin doğadan elde edilmesi sürecinde, hammaddelerinin büyümesini hızlandırmak için, pestisit gibi kimyasallar kullanılmamalıdır [Flynn et al., 2015].

Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) kullanıcılara sağlıklı koşullar sunan ve doğadan elde edilmesinden, ömrünü tamamladıktan sonra geri dönüşümüne kadar tüm süreçlerde “sürdürülebilir” nitelikte olan yapı malzemelerini sertifikalandırmaktadır. Bir yapı malzemesinin, sertifika alabilmesi için yapılarda uygun iç hava kalitesini sağlama ve toksik maddeleri azaltma özelliğine sahip olması gerekmektedir [Yengar, 2015].

Bu nedenle binaların yapım, bakım ve onarım, iyileştirme, yenileme gibi tüm süreçlerinde kullanılan boya, derz, dolgu, sıva, kompozit panel, kaplama gibi tüm malzemelerin binada biyolojik kirleticilerin yayılmasını engelleyen dayanıklı ürün, sistemlerden seçilmesi gerekmektedir. Kimyasalların veya toksik maddelerin, malzemenin içeriğinde ya hiç bulunmadığı ya da kullanıcılarda zararlı etki oluşturmayacak düzeyde olduğu yapı malzemeleri, sağlıklı ve tercih edilebilir ürünlerdir. Bundan hareketle malzeme seçiminde, iç hava kalitesi açısından yapı malzemelerinin iç ortam hava kirliliğine etkisi dikkate alınmalıdır. Bu etkiler tablo 2.2’ de gösterilmiştir [Yurtseven, 2007].

Tablo 2.2: İç hava kalitesini etkileyen yapı malzemeleri.

Kirleticiler		Kaynaklar
Kimyasallar	VOC Formaldehit	Bazı boyalar, solvent içerikli vernik ve cilalar, halı ve öteki bazı kaplama ürünleri, köpük şeklindeki yalıtım malzemeleri, preslenmiş yapay ahşap, yapıştırıcılar, duman, gaz yakan aletler
	PVC	PVC reçinesinden yapılmış yapı malzeme ve gereçleri.

Tablo 2.2: Devam.

Kirleticiler		Kaynaklar
Kimyasallar	Nitrojen	Havalandırmasız kerosen ısıtıcılar ve gaz sobaları, odun sobaları, şömineler, havalandırmasız soba ve ısıtıcılar
	Pestisitler	Ev zararlılarına karşı kullanılan ilaçlar ve dezenfekte ediciler
	Radon	Toprak, tuğla, doğal taş, doğal taş içerikli yapı malzemeleri ve elemanları (kaynağı yeraltından elde edilen malzemeler)
	CO	Havalandırmasız kerosen ısıtıcılar ve gaz sobaları, odun sobaları, şömineler, havalandırmasız soba ve ısıtıcılar
Biyolojik	Bakteriler	Nemlenmiş ve bozulmuş halı ve yapı malzemeleri
	Virüsler	Ev hayvanları, gerekli bakım ve temizliği yapılmayan yapı elemanları
	Polenler	Havalandırma ve çeşitli açıklıklar vasıtasıyla dışarıdan içeriye giren hava
Parçacıklar ve Lifler	Asbest lifleri	Bozulmuş, eskimiş durumdaki asbest içerikli yalıtım, sıva ve öteki yapı malzemeleri ile elemanları
	Lif	Camı yünü, taş yünü ve seramik yünü gibi yalıtım malzemeleri
	Kurşun	Yıpranmış, dökülmüş kurşun bazlı boyalar, kirlenmiş toprak, toz ve içme suları

2.1.2.3. İç Mekan Donanımları

Kapalı mekanlarda, hava kalitesini sağlamak, farklı birçok faktör, kirliliğe neden olduğu için kolay bir eylem değildir. Ancak kullanıcıların sağlığı için de iç hava kalitesini sağlamak şarttır. Bunun sağlamanın en temel yolu, iç hava kirleticilerini ortamdan uzaklaştırmak, kirliliğe neden olan kaynakları tamamen ortadan kaldırmak veya kişiler ile olabildiğince az temasının sağlamaktır. Bu nedenle yapılardaki iç mekan donanımlarından kaynaklanan hava kirliliğine de çözüm bulmak için, bu kaynakları göz ardı etmemek gerekmektedir. Bu kirleticili kaynakları, mobilya, ev eşyaları, temizlik malzemeleri, ofislerde yazıcı, bilgisayar, lazer ekipmanları, tekstil malzemeleri, HVAC sistemleri olarak sıralanabilir.

HVAC sistemleri yapılar da iç hava kalitesini doğrudan etkileyen cihazlardır. Bu cihazlar kapalı mekanlarda, havalandırmanın yetersiz olduğu veya doğal

havalandırmanın tam olarak sağlanamadığı durumlarda ısıtma, soğutma ve iklimlendirme amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle yüksek yapılarda, dış kabuğun doğal havalandırmaya izin vermeyecek şekilde sızdırmaz olarak tasarlanması durumunda, havalandırma için bu sistemler tercih edilmektedir. Yapay havalandırmanın, yetersiz olması durumunda iç hava kalitesinde bozulma meydana gelmekte ve yapıların taze hava ihtiyacı karşılanamamaktadır. Mekanın taze hava ihtiyacını karşılayacak donanımda ekipmanların seçilmesi bu noktada önemlidir. Bu sistemler aracılığıyla ortama verilecek taze hava miktarı, kişi başına düşen taze hava ihtiyacı şu şekildedir [Samet vd., 1987], (Tablo 2.3):

Tablo 2.3: Bazı mekanlar için kişi başına düşen taze hava miktarı.

Yer	Kişi başına düşen oda hacmi (m ³)	Kişi başına taze hava hacmi (dk/m ³)
Evlerde oturma odaları	30	0,9
Evlerde yatak odaları	20	0,4
Okul-kışla yatakhaneleri	15	0,4
Bürolar	20	0,4
Lokantalar	9	0,8
Okullarda dersaneler	6	0,9
Hasta koğuşları	6	1,9

Ayrıca bu aletler ile ortama verilen sıcaklık ve nem oranının iyi dengelenmesi gerekmektedir. Ortamda gerekenden fazla sıcaklık ve nem oranı bulunması, biyolojik kirleticilerin (mikroorganizmaların) ortamdaki varlığını etkilemektedir.

HVAC sistemlerinde, dış hava kanalları aracılığıyla ekipmanın içine alınan taze havanın, temiz olması gerekmektedir. Sistemin dış hava kanalının, kirli dış hava ortamından beslenmesi, yapı içerisine temiz havanın değil kirleticileri barındıran kirli havanın verilmesine neden olmaktadır. Bu şekilde cihazın içerisine dış hava kanalıyla alınan partikül maddeler ekipman aracılığıyla hava ortamına yayılmaktadır. Ayrıca HVAC sistemlerinin havalandırma ve iklimlendirme kanallarında kullanılan boruların kalitesiz olması (onaysız fiberglas ve diğer yalıtım malzemeleri) alet içerisinde toksik maddelerin oluşmasına neden olabilir. Bu durumda sistemin kendisi

doğrudan doğruya bir kirletici kaynağı olmaktadır [Çilingiroğlu, 2010]. Havalandırma kanallarının nemli olması da aynı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Böylece bu cihazlar, nemli ortamlarda çabuk ve kolay üreyen mantar, bakteri ve sporların yuvası haline gelmektedir. Bu hususların ortaya çıkmasını önlemek için, HVAC sistemlerinin doğru tasarlanması şarttır.

Ofis ortamındaki yazıcı, fotokopi makineleri, lazerler ve bilgisayarlarında kirletici kaynağı olduğu bilinmektedir. Özellikle yazıcı ve fotokopi makinelerinin O₃ (Ozon) yaydığı kanıtlanmıştır. Bu aletlerden yayılan emisyonların kirlilik oluşturması, iç mekan hava kalitesini de etkilemektedir. Ozon, oksijenden bir fazla atoma sahip olan gaz molekülüdür ve havanın içerisinde doğal olarak bulunmaktadır. Havadaki ozon miktarına göre ve güneş ile ozonun tepkime oluşturması sonucunda, bu molekülün bazı avantajları ve dezavantajları ortaya çıkmaktadır. Ozon kirliliği, iç mekanlarda yazıcı ve fotokopi ekipmanlarından kaynaklanmakta, dış ortamda ise sanayi ve egzozlu taşıtlar nedeniyle oluşmaktadır. Ozonun atmosferde fazla olarak birikmesi ve güneşle reaksiyon vermesi sonucunda sera etkisi meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra ozonun bazı avantajları olduğu da bilinmektedir. [Zeydan, 2008].

Ev eşyaları, mobilyalar iç mekandaki bir diğer kirletici kaynağıdır. Mobilya ve ev eşyaları imal edildiği ürünün özelliği ve kalitesine göre, formaldehit ve UOB yaymaktadır. Özellikle alınan mobilyalar koku yayıyorsa veya boya veriyorsa, bu durum eşyanın sağlıksız olduğunu göstermektedir. Ancak iç mekanlarda kullanılan bu ürünlerin yaydığı emisyonların etkileri kısa sürede ortaya çıkmadığı için kirlilik oluşturduğu anlaşılamamaktadır. Bu nedenle mobilyaların kalitesi, ürün alınarak kullanıldıktan sonra ortaya çıkmaktadır. Standart kuruluşlarının, mobilya üreticilerinin sağlıklı ürünler imal ettikleri belgelemesi bu noktada önemlidir. Sertifikalandırılan ürünlerin tüketici tarafından tercih edilmesi, zararlı ürünlerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak açısından faydalı olacaktır. Ayrıca ürünün imal edildiği maddelerin içerikleri ile ilgili firmaların tanıtım broşürleri hazırlaması da kullanıcıların tercih edeceği ürün hakkında bilgi sahibi olmasını kolaylaştıracaktır. Ancak öncelikli olarak tüketicilerin bu konuda bilinçli olması önem arz etmektedir.

İç mekanlarda halı ile boydan boya parke üzerine yapılan döşemelerin, astım hastalığı gibi solunum yollarında hastalıkları olan kişiler için zararlı olduğu bilinmektedir. Özellikle üretildiği malzeme türüne göre, toz tutan, kiri içine hapseden, ıslak ve nemli halılar iç mekan hava kalitesi açısından sağlıksız ürünlerdir.

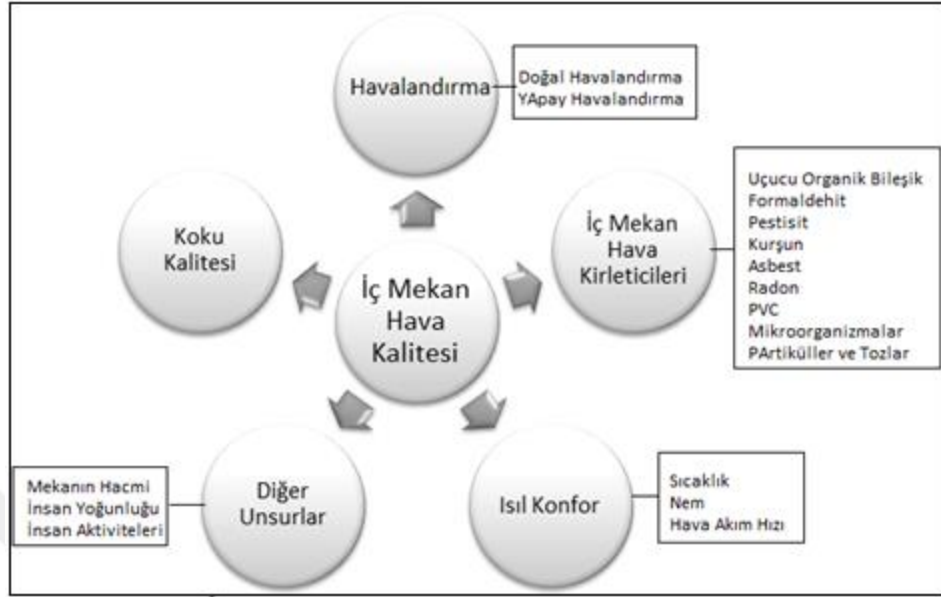
Kapalı mekanlarda, hava kirliliğini önlemek adına sadece kirletici kaynaklarını yok etmek veya hava kirleticilerini ortadan kaldırmak değil, aynı zamanda mekanı temiz tutarak, hijyen sağlamak da önemlidir. Mikroorganizma ve biyoaerosoller kirliliğin olduğu mekanlarda daha çabuk ürer ve yayılırlar. Bu nedenle mekanın sık sık, belirli periyotlarla dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Ayrıca hem kullanıcı sağlığı için hem de hava kalitesinin sağlanması için temizlikte kullanılan ürünler, UOB ve zararlı gazlar içermeyen malzemelerden seçilmelidir. Zehirli gazlar içeren temizlik ürünlerinin, özellikle insan sağlığını tehdit ettiği bilinmektedir. Bu gazların, temizlik anında hava ortamında yayılması ve solunması, nefes almada güçlük, gözlerde yanma, vücutta kaşıntı gibi rahatsızlıklar oluşturmaktadır. Hava içerisinde zehirli gaz oranının yüksek olması sonucunda, zehirlenmelerde meydana gelmektedir. Uzmanlar her 100 zehirlenmeden 90'ını evde gerçekleştiğini ve bu zehirlenmelerin özellikle soba ve temizlik ürüne bağlı olarak gerçekleştiğini belirtmektedirler. Hidroklorik asit, sodyum hidroksit içeren temizlik ürünlerinin aynı anda kullanılan diğer temizlik malzemeleri ile tepkimeye girmesi bu zehirlenmelerin nedenlerinden birisidir.

2.2. İç Mekan Hava Kalitesini Etkileyen Faktörler

İç mekan hava kalitesinin sağlanabilmesi; iç ortam havasının, insanlarda memnuniyetsizlik oluşturmaması esasına bağlıdır. Kullanıcıların oransal olarak % 80'i ve üzerinin memnun olması, ortamdaki iç havanın, yeterli kalitede olduğunu göstermektedir. Kaliteli bir iç havanın elde edilebilmesi için yapılarda azami konfor koşullarının karşılanması gerekmektedir.

İç hava kalitesini etkileyen parametreler; havalandırma miktarı, iç mekan hava kirleticilerinin yoğunluğu, koku kalitesi, mekanın hacmi ve insan aktiviteleri, ısı konfor (sıcaklık, nem, hava akım hızı) olarak sıralanabilir. Isıl konforu sağlanmasında önemli role sahip olan sıcaklık, bağıl nem ve hava akım hızı, aynı zamanda iç mekan hava kalitesini de etkilemektedir. Örneğin; aşırı sıcak ortamlarda mantar ve bakteri gibi mikrobiyolojik kirleticiler daha hızlı artmakta ve yayılmaktadır. Ayrıca, ısı konfor için geliştirilen HVAC sistemlerinin yanlış tasarımı ve kullanımı da ortam kirleticiler üzerinde farklı etkiler meydana getirerek iç

hava kalitesini etkileyebilmektedir. Bu sebeple bu bölümde iç mekan hava kalitesini etkileyen faktörler ele alınmaktadır. Bu faktörler aşağıda verilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: İç mekan hava kalitesini etkileyen faktörler.

2.2.1. Havalandırma

Havalandırma, iç hava kalitesini etkileyen en önemli faktördür. Kapalı mekanlarda hava kirliliği oluşturan kirlenmelerin, ortamdaki uzaklaştırılması havalandırma ile sağlanmaktadır. Havalandırma, yapı içindeki havanın, pasif veya aktif yöntemler kullanılarak, devinim yoluyla tazelenmesidir. Havalandırma ihtiyacının yapılarda karşılanmaması, iç ortamda hava kalitesini azaltmakta ve kullanıcı memnuniyetini düşüren sağlıksız ortam koşullarının oluşmasına neden olmaktadır. İç ortam havasının taze hava ile yenilenmediği durumlarda, kullanıcılarda yorgunluk, bunalma, rahatsızlık, çalışma veriminde düşme, isteksizlik, kinetik enerjide azalma gibi belirtiler ortaya çıkabilmektedir. İnsanların zinde hissetmeleri ve sağlıklı ortam şartlarının oluşturulabilmesi için yapının içerisine taze havanın alınması şarttır.

Yapılarda havalandırma için iki yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler, pasif tekniklerle fiziksel etkenler kullanılarak gerçekleştirilen doğal havalandırma, aktif yöntemler, bina donanımlarıyla gerçekleştirilen yapay havalandırma olarak sınıflandırılabilir.

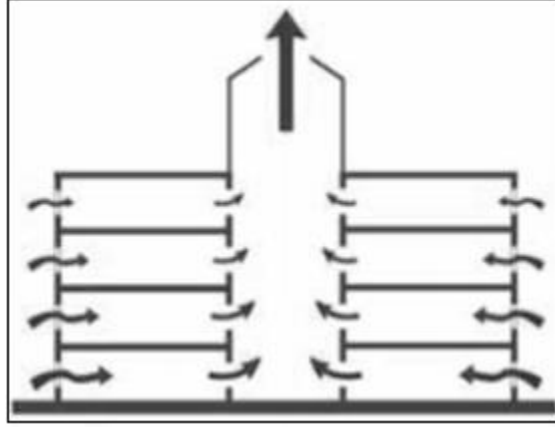
2.2.1.1. Doğal Havalandırma

Günümüzdeki enerji kaynaklarının azalması, doğal kaynakların tükenmesi gibi çevre sorunları nedeniyle enerji tasarrufunun sağlanması, fosil kaynakların tüketiminin azaltılması ön plana çıkmıştır. Bu nedenle havalandırmanın doğal yöntemlerle gerçekleştirilmesi, ekolojik ve sürdürülebilir çevre açısından önem kazanmıştır. Doğal havalandırma, yapının konumu, cephe açıklıkları gibi fiziksel etkenler kullanılarak ısı, basınç ve rüzgar farklarından yararlanılarak hava akımı oluşturulmasıyla yapı içerisindeki mevcut havanın taze hava ile değiştirilmesidir. Doğal havalandırma ile iç ortam havası dışarı verilirken, dış ortamdaki taze hava devinim yoluyla yapı içerisine alınmaktadır. Yapının konumu, topografyası ile kurduğu ilişki (vadi veya yamaçlarda konumlanması), çevresindeki yapıların yüksekliği, yapının kendi boyutları (yüksekliği gibi), cephe açıklıkları, pencere açıklıklarının boyutları ve malzemesi, yapının yönü ve doğrultusu gibi birçok faktör doğal havalandırma şartlarını etkilemektedir.

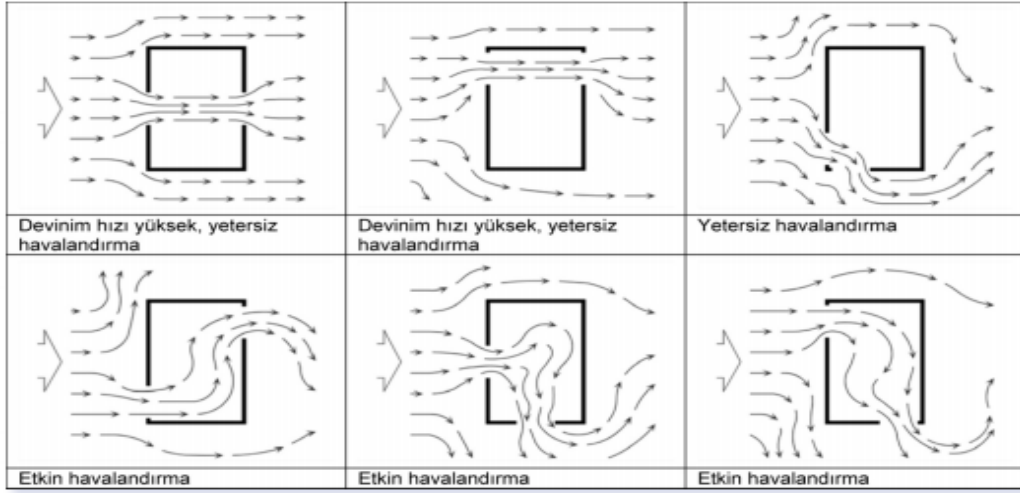
Doğal havalandırma, yapının çevresindeki veya yapı içerisindeki basınç ve rüzgar farklılıkları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Yapı çevresinde hava hareketi yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru meydana gelir. Yapının cephesinde bırakılan açıklıklar aracılığıyla tek yönlü veya karşılıklı hava sirkülasyonu sağlanır. Tek yönlü havalandırmada, yapı içerisine alınan hava aynı havalandırma kanalı ile dışarı atılır. İki yönlü havalandırmada karşılıklı cephelerde bırakılan havalandırma menfezleri ile bir cepheden alınan hava diğer cepheden veya açıklıktan dışarı bırakılır [Balanlı ve Darçın, 2012].

Doğal havalandırma, cephelerdeki pencereler kullanılarak sağlandığı gibi, rüzgar kuleleri gibi çatı detayları ile de gerçekleştirilmektedir. Cephelerden alınan taze hava, baca etkisiyle yükselerek çatı açıklığından dışarı atılmaktadır (Şekil 2.4).

Havalandırmada kullanılan bu tekniklerle, iç mekanda farklı havalandırma etkileri meydana gelir. Böylece kapalı ortamda, pencere boyutlarına, pencerelerin yapı içerisindeki konumuna, hava akım hızına, basınç merkezleri arasındaki cereyanın şiddetine göre yeterli veya etkisiz düzeyde havalandırma gerçekleşir. Mekanda, havalandırma koşullarının etkin olduğu veya yetersiz kaldığı örnekler Şekil 2.5'te verilmiştir [Watson et al., 1993].

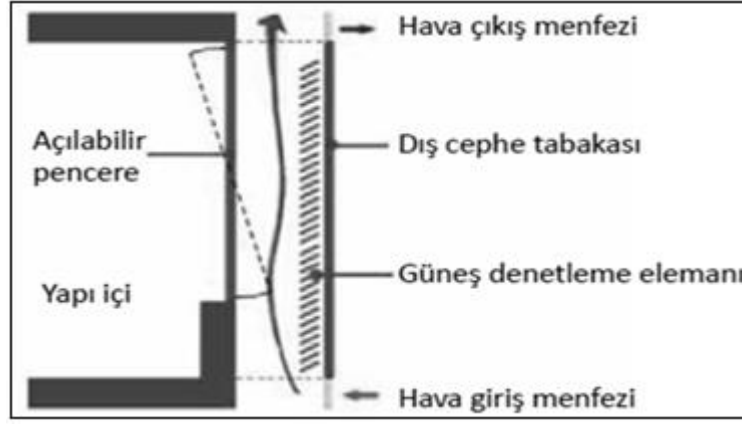


Şekil 2.4: Doğal havalandırmada baca etkisi.



Şekil 2.5: Yeterli veya etkisiz havalandırma örnekleri.

Doğal havalandırmada, pasif tekniklerin kullanılmasında dış kabuk tasarımı önemlidir. Konut yapıları veya ofis yapılarına göre, cephelerdeki havalandırma detayları, tek katmanlı veya çift katmanlı cephe türü olarak değişmektedir. Tek katmanlı cephelerde, pencereler havalandırma ihtiyacını karşılayan elemanlardır. Çift katmanlı cephelerde ise, iki cidar arasında bırakılan havalandırma boşluğu aynı görevi görmektedir. Çift katmanlı cephelerde, cephe kompakt yapıda olduğundan dolayı katmanlar arasında kutu tipi, şaft tipi, koridor tipi, çok katlı çift kabuk tipi gibi havalandırma boşlukları bırakılmaktadır. Bu havalandırma boşluklarında; alttan ve üstten hava giriş-çıkış kapakları ile hava akımı sağlanmaktadır [Ayçam, 2011], (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Çift tabakalı cephe sistemi şematik kesiti.

Doğal havalandırma koşullarının sağlanamaması durumunda, kullanıcılarda iç hava kalitesi ile ilgili memnuniyetsizlik belirtileri gözlenebilmektedir. Aydın'ın yüksek yapılarda iç ortam kalitesinin enerji etkinliği ve konfor koşullarına etkisi adlı tez çalışmasında, çift katmanlı İstanbul Safir Kulesi'ndeki rezidanslarda ikamet eden kullanıcılarda iç ortam kalitesi için anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışmaya göre üç farklı kullanıcı üzerinde yapılan anket sonuçlarında, çift cephe ile tasarlanan yapıda mekanik havalandırma sistemleri memnun olan kullanıcılar, iç hava kalitesi açısından ortam koşullarından memnun değildirler. İç hava kalitesi için memnuniyetin oluşmamasındaki temel sebep doğal havalandırma koşullarının yetersiz olmasıdır [Aydın, 2017].

Dış kabuk tasarımı, yapılarda ısı kazançları ve kayıplarının dengelenmesi ve taze hava ihtiyacı için kullanılan önemli bir etkidir. Bundan dolayı, dış kabuk tasarımının iç mekan hava kalitesi üzerinde de önemli bir etkisi vardır. Bunun için dış kabuk tasarımı da iç hava kalitesi açısından dikkate alınmalıdır.

Bunun yanı sıra, iç mekan hava kalitesinin artırılması için kapalı ortamlarda doğal havalandırma aracılığıyla kirleticilerin ortamdaki uzaklaştırılması ve temiz havanın yapı içerisine alınması gerekmektedir. Temiz havanın kaynağı, dış hava olduğu için doğal havalandırmanın iç hava kalitesine etkisi büyüktür. Ancak burada göz önüne alınması gereken diğer husus, dış ortamdaki hava kirliliğidir. Yapıların havalandırmasında temel amaç, yapı içi hava kalitesinin artırılmasıdır. Ancak dış çevredeki hava kirliliğinin fazla olduğu bölgelerde, ortama alınan doğal hava, kapalı ortam için kirletici kaynağı olabilmektedir. Kocaeli'nin Dilovası ilçesinde sanayi üretimi sonucu oluşan hava kirliliğine bağlı olarak, bu bölgede yaşayan insanların maruz kaldığı dış ortam havası, iç ortam hava kalitesini doğrudan etkileyen birincil

faktör konumundadır. Bu durum, alanda yaşayan insanlar açısından çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Bu nedenle, doğal havalandırma ve iç hava kalitesi arasındaki ilişki bağlamında, yapı çevresi ve dış çevre kriterleri de dikkate alınmalıdır [Aydın, 2017]. Doğal havalandırmadan maksimum verimin alınmasıyla iç hava kalitesinin artırılması sürdürülebilir ilkeler açısından önem arz etmektedir.

2.2.1.2. Yapay Havalandırma

Doğal havalandırmanın yetersiz kaldığı durumlarda, iklimlendirme ihtiyacı yapay havalandırma ile karşılanır. Yapay havalandırma, klima gibi ısıtma- soğutma sistemleri veya diğer aktif sistemlerin kullanılmasıyla iç ortama yeni ve taze havanın verilmesidir. Yapay havalandırmada, iç mekanda nem, ısı kontrolünü ayarlamak, yaz ve kış mevsimine göre uygun termal koşulları temin etmek için mekanik donanımlar kullanılmaktadır. HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) sistemleri, özellikle ofis ortamlarında, ısıtma, soğutma ve iklimlendirme için yaygın olarak tercih edilmektedir.

Yapay havalandırma sistemlerinin seçimi, iç mekan hava kalitesinde önemli yer tutmaktadır. Kullanıcı konforunun sağlanması için doğru teknikle malzeme seçimi, yapay havalandırma da göz önünde bulundurulması gereken bir husustur. Nitekim, iklimlendirme ihtiyacı, iç ortamın hacmine, kullanıcı sayısına, mekanda yapılan işin türüne, aktivitelerin çeşidine göre değişmektedir. Dolayısıyla, havalandırma sistemleri de, kullanıcıların aktiviteleri, yoğunluğu, mekanın hacmi ve işlevi göre gereken performansı karşılama potansiyeli dikkate alınarak seçilmelidir.

Kapalı ortam hacmi küçüldükçe yapılarda iç hava kirliliğinin oranları artmaktadır. Basık ve tavan yüksekliği az olan ortamlar, kullanıcılara daha sağlıksız bir çevre sunmaktadır. Mekanın gereken hacimden büyük olduğu şartlarda ise, mekanı ısıtmak ve soğutmak zorlaşmakta, buna bağlı olarak yapıların kullanımını sırasında tüketilen enerji de artmaktadır.

İklim ve mekanın fiziksel şartları göz önüne alındığında, mekanik donanımlar aracılığıyla iklimlendirme ve ısı konfor koşullarının sağlanması, insanlara birtakım çevresel kolaylıklar sunmaktadır. Yazın sıcak havalarda ve bağıl nemin yüksek olduğu iklimlerde, kullanıcılarda çalışma verimini olumsuz yönde etkilemeyecek iş

ortamının oluşturulması HVAC teknolojisiyle mümkün olmaktadır. Belirsiz doğal hava koşullarında, mekanik gereçler konfor koşullarının temin edilmesi için doğru alternatiflerdir. İç hava kalitesinin yükseltilmesi açısından pasif ve aktif sistemlerin kombinasyonu ile daha etkin havalandırma sağlanabilmektedir [Özdamar, 2017].

Bu sistemlerin iklimlendirme için yetersiz olması veya sistemin detaylarında eksiklikler bulunması, sistemin yanlış teknik ile üretilmesi, bu donanımlarda; havalandırma sırasında sızıntı oluşmasına neden olmaktadır. Bu durumda sızıntı olan bölgelerde neme bağlı olarak ortaya çıkan mantar ve bakteriler, bu sistemlerin ısıtma ve iklimlendirme kanalları aracılığı ile ortama yayılmakta ve iç ortamda hava kirliliği meydana getirmektedir [Çilingiroğlu, 2010]. HVAC sistemlerinin yanlış tasarlanması, kirleticilerin oluşmasını ve yayılmasını arttırdığı için bu mekanlarda HBS (Hasta Bina Sendromu) gibi hastalıkların kullanıcılarda görülme olasılığı da artmaktadır. Kullanıcı konforu ve iç hava kalitesi açısından mekanik donanımlardan yararlanılabilmesi için, bu sistemler doğru tasarlanmalıdır. Buna göre, gerecin içerisine alınan havanın filtrelenerek ortama verilmesi sırasında, iç hava kirleticilerinin oluşmasını önleyecek kalitede sistemlerin üretilmesi gerekmektedir. Bu nedenle; doğru ekipman seçimi, yapay havalandırma da dikkate alınmalıdır.

2.2.2. İç Ortam Hava Kirleticileri

İç ortamda hava kirliliği oluşturan, insan sağlığına zarar veren, iç mekan hava kalitesini düşüren bütün gaz, mikroorganizma ve partikül maddelerin hepsine iç ortam hava kirleticileri adı verilir. İç ortam hava kirleticileri dış hava yoluyla, yapı malzemeleri, insan aktiviteleri, iç mekan donanımları, alet ve ekipmanlar, temizlik malzemeleri, HVAC sistemleri, sıcak ve nem ile ortaya çıkmaktadır. İç mekanda kirliliği engellemek için önce kirletici kaynaklarının ortamdaki uzaklaştırılması, sonrasında ise iç hava kirleticilerinden mekanı temizlemek gerekmektedir. Yapılarda kirlilik kaynağına çözüm bulunmadığı sürece, kirleticiler ortam havasından uzaklaştırılırsa bile bu durum iç hava kalitesi açısından bir yarar sağlamamaktadır. Bu nedenle yapılar kullanıma açılmadan önce, tadilat, onarım veya inşaatın tamamlanmasından sonra temizlenmelidir. Ayrıca yapılarda doğal havalandırmayı sağlayacak şekilde kabuk tasarımı yapılması da iç hava kalitesini olumlu etkileyecektir. Ancak iç hava kalitesinin için, iç mekan kirleticileri hakkında bilgi

sahibi olunması gerekmektedir. Bu kirleticiler, gaz ve su buharı olarak hava ortamında bulunmaktadır. PM_{2,5} ve PM₁₀ arasında ölçülen partikül büyüklüklerine sınıflandırılabilirler. Yanma sonucu olarak oluşan karbon monoksit, karbon dioksit, azot dioksit gibi gazlar, UOB, formaldehit gibi kimyasallar, mantar, bakteri gibi mikroorganizmalar bilinen bazı hava kirleticilerdir.

2.2.2.1. Uçucu Organik Bileşikler

En az bir hidrojen, bir karbon atomunu içerdiği için uçucu organik bileşik adını alan bu kirleticiler, EPA'nın araştırmalarına göre formaldehit ile birlikte iç mekan kirleticileri arasında ilk sıralarda yer almaktadır [EPA, 1998]. Uçucu organik bileşikler, iç hava ortamında ya kendi başlarına ya da başka maddeler ile tepkimeye girerek kirlilik oluştururlar. Kapalı mekanlardaki ısıya ve kaynama noktalarına bağlı olarak, farklı sıcaklık değerinde, ortamda buhar halini alan bu bileşikler, DSÖ (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından çok uçucu, uçucu, yarı uçucu ve diğer partikül maddelerle birleşmiş organik bileşik olarak 4 kategoride sınıflandırılmıştır. Her kategorideki organik bileşiklerin kaynama noktaları değişmektedir. 0-380 °C arasında değişen kaynama noktalarına göre, 0-50 °C arasındakiler çok uçucu organik bileşikler, 50-260 °C arasındakiler uçucu organik bileşikler, 260-380 arasındakiler yarı uçucu organik bileşikler, 380 °C yüksek olanlarda diğer maddelerle tepkime yapan organik bileşikler adını almaktadır [DSÖ, 1989], (Tablo 2.4).

Tablo 2.4: UOB'lerin özelliklerine göre sınıflandırılması.

Tanım	Kısaltma	Kaynama Noktası Aralığı
Çok uçucu organik bileşikler	VVOC	0-50 arası
Uçucu organik bileşikler	VOC	50-260 arası
Yarı uçucu organik bileşikler	SVOC	260-380 arası
Partikül madde ile birleşmiş organik bileşikler	POM	>380

UOB'lerin hava ortamındaki derişim düzeyleri, ortamın sıcaklığına, havalandırma miktarı ve sıklığına, kirletici kaynağının potansiyel emisyonlarına bağlı olarak değişmektedir. Havalandırmanın sık sık yapıldığı ve sağlıklı iç mekan

donanımları ve yapı malzemelerinin kullanıldığı mekanlarda UOB'lerin konsantrasyon seviyeleri düşük olurken, havalandırmanın azaltıldığı, sağlıksız ürünlerin kullanıldığı yapılarda, konsantrasyon seviyeleri yükselmektedir. UOB'lerin ortamdaki derişimi, uluslararası kuruluşların standart değerlerine göre 1-3 ppm'dir [EPA, 1998]. UOB'lerin farklı derişim düzeylerine bağılı olarak kullanıcılarda az veya çok zararlı etkiler meydana gelmektedir. UOB'lerin az konsantrasyonlarında (1-3 ppm) gözlerde, solunum yollarında tahriş ve yanma, nefes almada zorluk, uyku, hapşırma, ciltte alerjik reaksiyonlar, yorgunluk, baş ağrısı gibi rahatsızlıklar, daha yüksek konsantrasyonlarda (4-20 ppm) ve sürekli maruz kalma durumunda astım gibi solunum yolu hastalıkları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bu bileşiklerin kanserojen olduğu bilinmektedir [Altın, 2015].

İç mekan içerisinde UOB üreten temel kirletici kaynakları, bazı boyalar, solvent içerikli vernik ve cilalar, halı gibi kaplama malzemeleri, köpük şeklindeki yalıtım malzemeleri, HDF, MDF gibi preslenmiş yapay ahşap malzemeler, bu malzemelerde kullanılan yapıştırıcılar ve sigara dumanı olarak sıralanabilir [ECJRC, 1997]. Özellikle yapay ahşap malzemelerde, OSB (yönlendirilmiş yonga levha), MDF, kontraplaklarda kullanılan yapıştırıcılar ve katkı maddelerinde, UOB emisyonlarına rastlanmaktadır. Weigl ve diğerlerinin, UOB'ler ile ilgili yaptıkları çalışmaya göre, bir mekan içerisinde yüzeyi hiçbir şekilde kaplanmamış, yalın haliyle kullanılan OSB ile yüzeyi alçı elyaf levhalarla kaplanan OSB'lerin iç hava kalitesine etkisi incelenmiştir. Her iki malzeme de uçucu organik bileşiklerden olan asetik asit, heksanal ve a-pinen kirleticilerinin mekana yayıldığı gözlenmiştir. Ancak alçı elyaf levhalarla kaplanan OSB'lerden yayılan emisyonların, diğerine göre daha az kirliliğe sebep olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kullanılan malzemelerden, kaplanmamış OSB emisyonlarının ilk günler daha yüksek olduğu, 3 gün içerisinde maksimum seviyeye ulaştığı, sonraki günlerde ise bu emisyonların giderek azaldığı belirtilmiştir [Weigl et al., 2014]. Bu çalışmadan elde edilen verilere göre, malzemelerin ilk kullandıklarında daha çok emisyon oluşturdukları, zamanla bu salınımlarda azalma olduğu gözlenmektedir. Diğer bilimsel çalışmalara göre 1970'lerden sonra inşa edilen binalarda, uçucu organik bileşiklerin, iç ortamda yayılmasında artış görülmüştür. Yapılan bir çalışmada yapının ilk tamamlandığı zamanlarda hava ortamında 15-20 ppm düzeyindeki UOB konsantrasyonu, altı ay sonra 2-3 ppm seviyesine düşmüştür [Berglund, 1982].

UOB içerisinde en zararlılarından bazıları toluen, ksilen, benzen, etil benzen, ve kloroformdur. Bu kirleticilerin iç mekandaki kaynakları yapı malzemeleridir. Ancak bu kimyasallar dış hava ortamında da motorlu taşıt ve sanayiye bağlı olarak oluşmakta ve yapı cephelerindeki açıklıklardan havalandırma yoluyla yapı içerisine alınmaktadır. Dış hava ortamındaki benzen kirliliğinin temel nedeni benzinli araçlardır. Motorlu taşıtların fazla kullanıldığı şehirlerdeki evlerde benzen kirliliğinin ($7,7 \text{ m}^3$), motorlu taşıtların az kullanıldığı şehirlerdeki evlere ($5,7 \text{ m}^3$) göre daha yüksek seviyelerde olduğu araştırmalarda ortaya konulmuştur [Fischer et al., 2000]. UOB'lerin sağlığa en çok zararlı olanlarından birisi benzenken, yapı içerisinde en çok bulunan türü tolüendir [EPA, 1998].

Benzen renksiz, kokulu, suda çözünebilen, kolaylıkla buharlaşabilen bir maddedir. EPA, benzeni A sınıfı kanserojen olarak tanımlamıştır. Uyuşma, çabuk yorulma, baş ağrısı, mide ve karın ağrısı, solunum zorluğu, bilinç kaybı gibi etkiler benzene maruz kalan kişilerde ortaya çıkan belirtilerdir. Ayrıca benzen petrolün üretiminde kullanılan kimyasallardan birisidir. Bu nedenle ısınma ve diğer eylemler için fosil yakıtların kullanılması da benzen kirliliğiyle sonuçlanmaktadır [Web 3,2019]. Benzen diğer türevlerine göre daha ucuz olması nedeniyle deri ve çanta imalatında yapıştırıcı olarak, boya inceltmede kullanılan tinerde katkı maddesi olarak, kuru temizlemede temizleyici madde olarak kullanılmaktadır [Velicangil,1990]. İnsanların benzene maruz kalması durumunda, bu madde deri yoluyla emilim veya solunum yoluyla insan vücuduna alınmaktadır. Vücuda alınan benzenin bir kısmı dışarı atılırken, bir kısmı da vücutta emilerek bünyeye karışmaktadır. Bu bileşik, insan vücudunda nörotoksik, kanserojenik, hematolojik rahatsızlıklara neden olmaktadır [Tözün ve Ünsan, 2008].

Ksilen ve toluen, benzenden üretilen, benzenin türevleri olan bileşiklerdir. Bu nedenle toluen, metil benzen, ksilen ise dimetil benzen olarak da adlandırılmaktadır. Bu bileşiklerde benzen gibi renksiz, kokulu, kolay buharlaşan sıvı halde bulunan kimyasallardır. Bu kirleticiler benzenden farklı olarak kanserojen olarak sınıflandırılmamışlardır. Toluen ve ksilen, boya ile yapıştırıcı sanayisinde, ayrıca yapı malzemelerinde kullanılan uçucu organik bileşiklerdir [Kokulu, 2016].

Klorometan olarak da bilinen kloroform, CHCl_3 formülüne sahip, uçucu, su içerisinde az çözünen renksiz sıvıdır. Öksürük şurubu gibi ilaçlarda ve diş macunu gibi temizlik maddelerinde, tıp alanında anestezi için kullanılan bir maddedir. Suların dezenfekte edilmesi için klorlama işleminde de az miktarlarda kullanılmaktadır.

Ancak az seviyedeki bu kullanım oranları da kişilerde olumsuz etkiler oluşturabilir. Bu kimyasal, insanlarda akut, kronik, üreme veya kanser rahatsızlıkları meydana getirmektedir. Baş dönmesi, yorgunluk gibi akut etkiler, depresyon, sinir gibi kronik etkiler, rektüm, bağırsak ve mesane kanseri gibi hastalıklar, insanların kloroform bileşiğine, solunum veya temas yoluyla maruz kalması sonucunda ortaya çıkmaktadır. UOB'lerin bazı türleri, bu bileşiklerin kaynakları ve kanserojen özellikte olup olmamasına göre sınıflandırılması aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir [EPA,1998], (Tablo 2.5, Tablo 2.6):

Tablo 2.5: UOB kaynakları.

Kaynaklar	Tipik Kirleticiler
Boyalarda	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)
Yapı malzemeleri	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, n-dodekan), aromatik hidrokarbonlar (toluen, etil benzen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehitler (formaldehit), ketonlar (aseton), eterler, esterler

Tablo 2.6: Bazı UOB'lerin toksisite değerleri.

Kimyasal	Referans Doz (mg/kg/gün)	Kanser Faktörü (mg/kg/gün)	EPA Kanser Sınıflandırması
Benzen	8.57×10^{-3}	2.73×10^{-2}	A (Kanserojen)
Toluen	1.14×10^{-1}	-	-
Etilbenzen	2.86×10^{-1}	-	-
Ksilen	2.86×10^{-2}	-	-
Stiren	2.86×10^{-1}	-	-
Karbon tetraklorür	7×10^{-4}	1.3×10^{-1}	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)
Kloroform	1×10^{-2}	6.1×10^{-3}	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)
Vinil klorür	9×10^{-3}	0.6	C (Kanserojen olma olasılığı var)
Metil klorür	6×10^{-2}	7.5×10^{-3}	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)
Etil dibromür	-	85	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)

2.2.2.2. Formaldehit

Formaldehit renksiz, kötü kokulu, dezenfektan amaçlı kullanılan, uçucu organik bileşiklerin aldehitler grubunda yer alan zehirli bir kimyasaldır. İç mekan içerisindeki derişim düzeyinin, belirli aralıklardan fazla olması insan sağlığını tehdit etmektedir. Oda sıcaklığında gaz haline gelen bu bileşik, suda iyi çözünür, ayrıca yanabilir özelliktedir [Shaham et al.,1996]. Dezenfektan olduğundan böcek ilaçlarında ve kimya sektöründe, kontraplak, HDF, MDF gibi yapay ahşap levhalarda, mobilya ve ev eşyalarında, cam yünü, taş yünü, köpük (UFFI- üre formaldehit köpük) gibi yalıtım malzemelerinde, PVC gibi plastiklerde, betonun yapısında, boya ve verniklerde, laminant parke gibi döşeme ve temizlik malzemelerinde kullanılır [Gustaffson and Jonsson, 1993].

Üre formaldehit, fenol ve melamin reçineleri, formaldehitten üretilen yapı malzemelerinde ve bazı sektörlerde; yapıştırıcı madde, tutkal olarak kullanılan malzemelerdir. Bu malzemelerin, yapı ürünlerinde kullanılması formaldehit salınımına neden olmaktadır. Formaldehit, sigara tüketimine ve kapalı ortamda bu bileşii içeren ürünlerin kullanılmasına bağlı olarak, iç havaya karışmaktadır [Web 4, 2019]. Formaldehite maruz kalan kişilerin, solunum, sinir ve sindirim sistemlerinde olumsuz etkiler meydana gelmektedir. Bu maddenin kanserojen etkiye sahip olduğ u bilimsel çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir. Formaldehite uzun süre maruz kalan veya mesleki zorunluluklar nedeniyle, bu bileşii solunum veya temas yoluyla vücuduna alan kişilerde kan kanseri, kolon kanseri ve beyin kanseri ortaya çıkan bazı hastalıklardır [Shaham et al., 1996]. Formaldehitin insan sağlığına etkileri şu şekildedir [Hines et al., 1993], (Tablo 2.7):

Tablo 2.7: Formaldehitin insan sağlığına etkileri.

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

Formaldehitin hava ortamındaki konsantrasyonu, katkı maddesi olarak kullanıldığı ürünlerdeki oranına, yapıların yeni veya eski olmasına, ortam sıcaklığı ve havalandırma gibi parametrelere göre değişmektedir. Yeni yapılan binalardaki ve yeni üretilen malzemelerindeki formaldehit salınımı, malzeme veya yapının bir süre kullanılmasıyla oluşan formaldehit salınımı ile karşılaştırıldığında, daha fazla olabilmektedir [Vural ve Balanlı, 2005]. Ayrıca ortam sıcaklığının 23 °C olduğu mekanlarla, ortam sıcaklığının 40 °C kadar arttığı mekanlar arasında yapılan ölçümlere göre, ortam ısısının artmasına bağlı olarak formaldehit salınımının da arttığı gözlenmiştir [Myers, 1985].

Formaldehit emisyonlarının normal koşullarda, bazı kaynaklara göre kapalı mekanlarda 0.03 ppm'i geçmemesi gerekirken, DSÖ'ne göre 0.05 ppm'in altında olması gerekmektedir [Yücel, 2008]. Sonuç olarak formaldehit insan sağlığında akut ve kronik rahatsızlıklar oluşturan ana kirletici bileşiklerdendir. İç mekanda formaldehit salınımını azaltmak için, iç hava kalitesini artıran yapı malzemeleri, iç mekan donanımları ve ürünler tercih edilmelidir. Ayrıca yeni yapılar ve yeni üretilen malzemelerin ilk kullanımlarında yüksek emisyon meydana geldiği için ürünlerin imalatı ve yapıların tamamlanmasının üzerinden belirli bir süre geçtikten sonra bu yapı ve ürünler kullanılmalıdır. Aksi durumda kullanıcılar yüksek formaldehit salınımlarına maruz kalmaktadır.

2.2.2.3. Pestisitler

Pestisitler, zararlı mikroorganizmaların bitkilerde ve diğer ortamlardaki olumsuz etkilerini önlemek için kullanılan kimyasallardır. Haşere ve bitki ilaçlarında kullanılan pestisitlerin, bu maddelerde belirli oranlardan fazla kullanılması, insan sağlığı ve diğer canlılar için risk oluşturmaktadır. DSÖ'ne göre pestisitlerin 700'e yakın türü olduğu ve bu türlerin 33'ünün insan sağlığı için çok zararlı, 48'inin tehlikeli, 118'inin orta tehlikeli, 239'unun ise daha az tehlikeli bulunduğu belirtilmiştir. Bakteri öldürücüler (bakterisit), yabancı otlar (herbisit), mantar öldürücüler (fungisit) pestisit türlerinden bazılarıdır [Kokulu, 2016].

Özellikle tarım alanında kullanılan pestisitler, tarımda yetiştirilen yiyecekler yoluyla vücuda alınmaktadır. Tarımda uygulanma sırasında da temas ve solunum yoluyla bu kimyasallara maruz kalınmaktadır. İç mekanlarda ise bu kirleticilerin

kullanıldığı böcek ilaçları ve malzemelerin kullanılmasıyla kirlilik oluşmaktadır. Pestisitler, insanlarda kusma, terleme, ishal, solunum güçlüğü, çarpıntı, kasılmalar gibi sağlık sorunlarına neden olur. Pestisitlerin kronik etkileri Tablo 2.8’ de verilmiştir [Kılınç ve Kurutaş, 2003].

Tablo 2.8: Pestisitlerin kronik etkileri.

Organ/Sistem	Etki
Sinir sistemi	Vejetatif sendrom, polinöropati, radikülopati, ensefalopati, retrobulbernevrit, distoni ve retinal anjiyopati
Solunum sistemi	Kronik trakeit, pneumofibroz başlangıcı, akciğer anfizem, bronşial astım
Kardiyovasküler sistem	Kronik miyokarc toksisitesi, kronik kroner yetmezlik, hipertoni ve hipotoni
Karaciğer	Kronik hepatit, kolesistit, hepatokolesistit, detoksifikasyon ve diğer fonksiyonel bozulma
Böbrekler	Albuminüri, noktüri, üre ve kreatinin artışı, salgı fonksiyonunda azalma ve düşük klerens
Gastrointestinal sistem	Kronik gastrit, duodenit, ülser, kronik kolit, (hemorajik, spastik, ve polipoit oluşumlar), hipersekresyon ve hipoasitide
Dolaşım sistemi ve kan	Lökopeni, retikülositlerde artma, lenfositler, eosinopeni, lenfopeni, monositoz, ve hemoglobinde değişimler
Deri	Dermatit, egzama
Gözler	Konjuktivit, blefarit

Sadece yiyecekler değil aynı zamanda hammaddesi bitkilerden elde edilen yapı malzemelerinde de pestisitler, hammaddenin yetiştirilmesi için kullanılmaktadır. Bambu bu malzemelerden birisidir. Bambu Çin’de, Uzak Doğu Asya ve Kanada gibi ülkelerde yetiştirilen, yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan, bitkisel kökenli olduğu için, karbon tutucu özelliği nedeniyle sürdürülebilir kabul edilen malzemelerdendir. Ayrıca malzemenin neredeyse tamamı (kök, sapı ve dallarının % 95’i) yapı malzemeleri, yemek çubukları ve halı, mobilya üretimi gibi birçok farklı sektörde değerlendirildiği için atık oluşturmamaktadır. Ancak bu ürünün hammaddesinin doğadan elde edilmesinde; son yıllardaki hızlı tüketime bağlı olarak, malzemenin hızlı üretilebilmesi için, pestisit kullanılmaktadır. Böylece hammaddenin içerisine zararlı kimyasallar yerleşmekte, aynı zamanda malzemenin yetiştirildiği yerel bölgede de pestisit kullanımına bağlı olarak salgın hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Flynn ve diğer arkadaşlarının, Çin’in Anji bölgesindeki bambu malzemesi üzerine yaptığı bilimsel çalışmanın sonucunda, pestisit kullanımına bağlı olarak, bu bölgede salgın hastalıkların meydana geldiği belirtilmiştir. Ayrıca bölgede, bambunun yetiştirilmesi için kullanılan pestisit oranlarının, ülke tarafından

kabul edilen doz seviyesinden çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir [Flynn et al, 2015].

2.2.2.4. Kurşun

Metaller içinde en yumuşak ve en ağır olarak bilinen kurşun, mavimsi gri renge sahip, açık havada koyu renkli oksitlenen veya yeşil olarak paslanan bir maddedir. Yüksek yoğunluğa sahip olması, kolay şekil alması ve ucuz olması nedeniyle pek çok alanda kullanılmaktadır. Nükleer reaktörlerde ve üreteçlerde, aşınmaya dayanıklı olduğu için tesisat boruları ve çatı kaplamalarında, kimya endüstrisinde, motorlu taşıtlarda, metal alaşımlarında, boyalarda kullanılmaktadır. Ancak bu metal, yüksek sıcaklıklarda buharlaşır veya bu maddenin kullanıldığı ürünler nedeniyle kurşun oksit partikülleri olarak havaya karışır ve kirlilik oluşturur. Bu partiküller, canlılarda zehirlenmeler veya birtakım olumsuz etkiler meydana getirerek, insan sağlığına zarar verir. Kurşun veya kurşunlu petrolden elde edilen yakıtların, araçlarda kullanılması kurşun kirliliğinin bir diğer sebebidir. Ayrıca endüstri kaynaklı olarak (boya fabrikaları, petrol rafinerisi, mühimmat sanayisi, metal fabrikaları) sanayi atıklarının sulara boşaltılmasıyla, atık sularda da kurşun kirliliği meydana gelir [Web 5, 2019].

Kurşun kirliliği bağlı olarak kurşun zehirlenmeleri, solunum, sindirim ve sinir rahatsızlıkları, bu toksik maddeye maruz kalanlarda ortaya çıkmaktadır. İnsan vücudundaki kurşun dozuna göre bu maddenin sağlığa etkileri şu şekildedir [Özdamar, 2017], (Tablo 2.9):

Tablo 2.9: Kurşunun insan sağlığına etkileri.

Kandaki Miktarı	Sebepl Olduğu Etkiler
0,2 µg/ml	Böbrek, kan hücreleri ve merkezi sinir sistemine etki
0,3 µg/ml	Duyu ve motor sinir iletişim hızında azalma
0,8 µg/ml	Komaya, hatta ölüm
10 µg/dL	Zihin ve beden gelişiminde zayıflama
1,2 µg/ml	Yetişkinlerde geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarları

Kurşun kirliliği, tüm canlılar için potansiyel risk oluşturmakla birlikte, bu kirlilikten en çok etkilenen bebekler, çocuklar, hamile kadınlar, yaşlılar ve mesleki zorunluluk nedeniyle bu maddeye maruz kalanlardır. Kurşun insan vücuduna

alındığında, insan vücudundan atılması uzun zaman (20 sene) almaktadır [Bushnell and Jaeger, 1986].

Kurşun kirliliğinin iç hava ortamındaki başlıca kaynakları, kurşun esaslı boyalar, yapı malzemeleri, havalandırma ile içeri alınan dış havadır. Dış hava içerisinde, motorlu taşıtların neden olduğu kurşun salınımları, iç hava ortamını da etkilemektedir. Bu toksik maddeye bağlı oluşan kirlilik, farklı bölgelere göre değişmektedir. Kimi bölgelerde kurşun kirliliği, sanayideki atık sulardan meydana gelmektedir. ABD (Amerika Birleşik Devletleri)'de bu kirliliğin nedeni eski boyalı evler, ülkemizde ise benzinle çalışan araçlardır.

Kurşunun son yüzyılda, paslanmaya karşı boyalarda katkı maddesi olarak kullanılması ve bu malzemelerden kaynaklanan emisyonların fark edilmesi sonucunda 1970'lerden sonra Almanya gibi Avrupa ülkelerinde kurşun kullanımına limit getirilmiştir [Şanlı vd., 2005].

Kurşun kirliliğinin önlenmesi için, kurşun esaslı boyalar, tesisat malzemeleri, çatı kaplamaları, yapılarda kullanılmamalı, kullanımı önlenemiyorsa olabildiğince az kullanılmalıdır. Sanayi atıklarının boşaltıldığı sular için, sanayi tesisleri filtre kullanılmalı, atık suların temiz sulara karışması önlenmelidir. Ayrıca benzin, kurşun gibi yakıtların araçlarda kullanımı da azaltılmalıdır. Evrensel olarak kurşun kirliliği nedeniyle, bazı Batı ülkelerinde bu yakıtın arabalarda yasaklandığı bilinmektedir.

2.2.2.5. Asbest

Asbest, doğadan çıkarılan, magnezyum silikat, kalsiyum-magnezyum silikat, sodyum- demir silikat gibi mineralleri içeren, lifli yapıda bir mineraldir. Serpantin ve amfibol olarak iki türü bulunan asbestin özellikle amfibol türü sağlık için oldukça zararlıdır. Beyaz toprak olarak da bilinen asbest, sanayi devriminden sonra, otomotiv, inşaat malzemesi, gemi üretiminde yaygın olarak kullanılmıştır. Özellikle ısıya ve kimyasallara karşı dayanıklı, sert bir malzeme olması nedeniyle çatı levhalarında, yalıtım malzemelerinde, fren balatalarında, yanmaz kumaşlar için tekstilde, döşeme malzemelerinde tercih edilen maddelerdendir. Asbest tekstil sanayinde lif, ip, kumaş üretiminde, inşaat sektöründe çimento ve tesisat boruları üretiminde, ısı, ses ve yangın yalıtımında, gemi ve vagon üretiminde, kağıt

sanayisinde (duvar kağıtları), dolgu ürünleri, boya dolgusu, sentetik reçine, termoplastiklerin imalatında kullanılmaktadır [Üzmezoğlu vd, 2017].

İç mekanlarda asbest salınımı, yapılarda kullanılan yalıtım ürünleri, zemin ve çatılardaki levhalar, yangın tüpleri gibi malzemelerden meydana gelmektedir. Asbestin iç ortamlardaki konsantrasyonunun 1 lif/ cm³ eşik seviyesini geçmesi durumunda, kullanıcılar için zararlı etkiler oluşmaktadır. DSÖ, asbeste maruz kalanlarda; kanser riskinin arttığını, sigara kullananların asbestten etkilenme oranının daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Ayrıca asbestin maden ocaklarında çalışanlarla, yapılarda asbestli malzemelerin monte edilmesinde görev alan kişilerin, asbestten kaynaklanan hastalıklara yakalandığı (meslek hastalığı) bazı bilimsel çalışmalarda kanıtlanmıştır [Stellman et al., 1998].

Asbest maruziyeti, insan sağlığı için risklidir. Akciğer kanseri, mezotelyoma, asbestozis, plevral sıvı ve plevral plak, round atelektazi bu maddenin solunum veya teması yoluyla insan vücuduna alınması durumunda ortaya çıkan hastalıklardır. Plevral sıvı; akciğer zarında sıvı birikmesi, plevral plak; akciğeri saran zarın kalınlaşması ve kireçlenmesi, round atelektazi; akciğer zarının kalınlaşmasına bağlı olarak akciğerin sönmesi, asbestozis; akciğer dokusunda, asbest liflerinin birikmesi, mezotelyoma; akciğerleri ve karın boşluğunu saran zarın kanseri şeklinde tanımlanmaktadır. Bu hastalıkların ortaya çıkması, asbest maruziyetine bağlı olarak, 10-50 yıl arasında değişmektedir. Asbestle ilgili hastalıklardan ölen kişilerde otopsi yapılarak elde edilen verilere göre; 60-79 yaş aralığındaki bu kişilerin akciğer dokusunun 1 gramında, 1 milyon asbest lifi olduğu saptanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda asbest hastalıkları şu şekilde sınıflandırılmıştır [Üzmezoğlu vd., 2017], (Tablo 2.10):

Tablo 2.10: Asbestle ilgili ülkemizde görülen hastalıklar.

Plevral Hastalıklar	Akciğer Fibrozisi	Prekardiyal Hastalıklar	Malign Hastalıklar
<ul style="list-style-type: none">▪ Plevral efüzyon▪ Plevral kalınlaşma▪ Hiyalinize ve kalsifiye plevral plaklar	<ul style="list-style-type: none">▪ Asbestozis▪ Zeolitozis	<ul style="list-style-type: none">▪ Perikardiyal efüzyon▪ Perikardiyal kalınlaşma▪ Perikardiyal kalsifikasyon	<ul style="list-style-type: none">▪ Malign plevral mezotelyoma▪ Malign peritoneal mezotelyoma▪ Bronkojenik karsinoma▪ Diğer organ kanserleri▪ Lenfohematojenöz maligniteler

1972 yılında; EPA tarafından zararlı bulunan bu maddenin üretimi ve kullanımı, ülkemizde 31.12.2010 tarihinde yürürlüğe giren yasayla yasaklanmıştır [Web 6, 2019]. Asbestin şu an kullanımı yasaklanmış olmasına rağmen, daha eski dönemlerde yapılan binalarda kullanıldığı için, bu binaların kullanımı, yıkımı, onarımı sırasında asbest kirliliği oluşmakta veya bu yapıları kullananlar bu kirliliğe maruz kalmaktadır. Özellikle kentsel dönüşüm çalışmaları kapsamında yapılan yıkımlar nedeniyle ortaya çıkacak asbest salınımlarını engellemek için binaları yok etme eyleminin kapsamlı, sistematik yapılması önerilmektedir.

Kapalı mekanlarda asbest kirliliğinin önlenmesi için, asbestli malzemeler kullanılmamalıdır. Daha önceden asbest kullanılarak yapılan binalardaki bakım ve onarım çalışmaları, dikkatle ve iş güvenliği esas alınarak yapılmalıdır. Bu mekanlar mümkün olduğunca havalandırılmalı, asbestli malzemeler mümkünse alternatifleri ile değiştirilmelidir. Asbestli malzemelerin bakım, onarım, sökme ve monte çalışmalarında, kapalı ortamda; havalandırma sağlanmalı, tozun önlenmesi için ıslak yöntem kullanılmalı, parke malzemelerine zımpara yapılmamalı, sökme işlemlerinde basınçlı hava kullanılmamalıdır. İçerisinde asbest gibi zararlı içerikler bulunabileceği için, yıkım çalışmalarında molozlar ve diğer atıklar, yüksek verimli toz yakalayıcı filtreli süpürgeler kullanılarak ortamdan uzaklaştırılmalıdır.

2.2.2.6. Radon

Radon gazı radyoaktif özellikte, renksiz, kokusuz, tatsız bir gazdır. Havadan daha ağır olan bu bileşiğin, hava içerisinde bulunduğu 19.yy'da kanıtlanmıştır. Radon gazının temel kaynakları, toprak, kayaçlar, yeraltı suları, hava ve yapı malzemeleridir. Toprak içerisinde, kayaçlarda, özellikle tektonik tabakalar, fay hatlarının olduğu zeminlerde veya fosfatlı kayaçlarda, radyum elementinin bozulmasıyla radon gazı açığa çıkmaktadır. Radon; gözenekli olan toprak ve kayaçlarda daha fazla biriktiğinden dolayı, çakıl veya dolgu alanlarında, geçirimsiz toprağa göre daha çok sızıntı yapar. Bu nedenle toprağın içerisinden betona yayılan radon, temelden yapıların içerisine taşınır [Annex, 1982].

Kapalı ortamlarda radon salınımları, temelden betona sızan radon gazı, su içerisinde çözülmüş haldeki radonun içme suyu şebekesi ile yapı içerisine alınması ve yapı malzemeleri ile ortaya çıkmaktadır. Yapı malzemelerinde; hammaddesi,

toprak, kayaç, çakıl, kil olan ürünler, toprak yapısına bağlı olarak radon emisyonu neden olurlar. Bunun yanı sıra kumtaşı, kireç taşı ve kalkerin kullanıldığı malzemelerde, uranyum ve toryum içerdiğinden radon oluşumuna sebebiyet vermektedirler.

İç mekanlarda radon kirliliğinin bir diğer kaynağı kömür ve doğalgaz yakıtlarıdır. Doğalgaz, içerisinde 50 Bq/m³ veya farklı dozlarda radon barındırmaktadır. Bu nedenle doğalgazın, ev ocaklarında veya ısıtma sistemlerinde kullanılmasıyla radon gazı iç ortama havasına yayılır. Kömürün yapısında ise litolojik özelliklerinden dolayı uranyum elementi bulunmaktadır. Bu yüzden yakıt olarak kömürün kullanıldığı kapalı ortamlarda da uranyuma bağlı olarak radon gazı açığa çıkmaktadır. Bu kirliliği önlemek adına ısınma amaçlı tüketilen veya satılan kömürlerin içindeki radyoaktif elementlerin varlığına dikkat edilmelidir. Bu kömürler yerine alternatifleri kullanılmalı, eğer radyoaktif içeriğe sahip kömürlerin kullanımı önlenemiyorsa, bu maddelerin kullanıldığı kazan dairelerinde ve diğer ortamlarda; havalandırma menfezleri bırakılmalıdır [Örgün ve Çelebi, 2016].

Yapı içerisindeki radon gazının oranı, yapının topografyasındaki kayaçlar, yapının ısıtma sistemi, bu sistemde kullanılan yakıt, havalandırma, yapı malzemeleri, yapının temelindeki ve duvarlardaki çatlaklar veya geçirgen yüzeyler gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Bu etkenlerden birisi olan; topraktan temele sızan radon gazı, iç ortama temel ve duvarlardaki çatlaklar aracılığıyla sızar. Bir yapının bodrum katındaki radon gazının üst katlara oranla fazla olduğunu ölçen çalışmalarla bu bilgi saptanmıştır [Rogozen, 2003]. Ayrıca, kapalı ortamlarda, bina duvarlarından hava ortamına karışan salınımlar hava içerisindeki radon gazı oranını artırmaktadır. Bunun yanı sıra, duvarın yapısındaki taş, tuğla ve betonun dış ortamdaki gama ışınlarına maruz kalmasıyla da, radon gazı yayılımının arttığı bilimsel veriler ile ortaya konulmuştur [Balanlı vd., 2004].

Yapılarda ısı konforunun sağlanması için, soğuk ve ılıman iklimlerde binalara izolasyon yapılması, havalandırmanın azaltılması ve yapı cephesinde geçirimsiz yüzeylerin artırılması, ortam havasındaki radon gazının derişimini artıran bir faktördür. Bütün bu parametrelere bağlı olarak kapalı ortamlardaki radon kirliliğinin oranı değişmektedir. Radon konsantrasyonunun dış ortamlardan daha yüksek olduğunu saptayan bilimsel çalışmalar mevcuttur [Annex, 1982].

Kapalı ortamlardaki ilk radon ölçümü 1956'da İsveç'te yapılırken, ülkemizde ilk olarak 1984 yılında Atom Enerjisi kurumu tarafından yapılmıştır, günümüzde ise bu çalışmalar Sağlık Bakanlığı'na bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. [Çelebi vd.,

2014]. Ülkemizde ve bazı ülkelerde yapı içerisindeki radon gazı oranları Tablo 2.11’de verilmiştir.

Tablo 2.11: Bazı ülkelerde yapı içi ortalama radon oranı.

Ülke	Radon
Türkiye	81
ABD	46
Almanya	37
Avustralya	11
Çin	24
Fransa	62
İngiltere	20
İspanya	86
İsviçre	70
İtalya	75
Japonya	16

İç mekandaki radon gazı oranlarının fazla olması halinde, bu ortamlarda radon kirliliği meydana gelmektedir. Radonun iç ortamda kirlilik oluşturması, insan sağlığını diğer kirleticiler gibi etkilemektedir. Radon kirliliği, insanlar için kanser tehlikesi oluşturmaktadır. Bu risk sigara kullananlarda daha fazladır [DSÖ, 2009]. Uluslararası sağlık kuruluşlarının yayınladığı raporlara göre sigaradan sonra radon gazının akciğer kanserini tetikleyen ikinci neden olduğu, radon kirliliğinin baş ağrısı, nefes almada daralma gibi akut rahatsızlıklar oluşturmadığı, bunun yerine doğrudan insan vücudundaki DNA molekülleri üzerinde deformasyon ve mutasyona neden olduğu belirtilmiştir [ICRP, 2009]. Bu zararın sonucunda, kişilerde akciğer ve solunum yolu kanseri veya üst dudak, idrar yolu tümörleri ortaya çıkmaktadır. Bu sağlık sorunlarının önlenmesi adına kapalı mekanlarda radon kirliliği için tedbir alınmalı, radonun iç ortamdaki oranı, sınır değerleri aşmamalıdır. Radon için belirlenen eşik değerleri Tablo 2.12’de verilmiştir [Balanlı vd, 2004]. Radon kirliliğinin önlenmesi için alınabilecek tedbirler şu şekildedir [Örgün ve Çelebi,2016]:

- Yapı malzemelerinin radon katsayıları ve radyoaktivite oranları saptanmalıdır.
- Yapılar olabildiğince havalandırılmalıdır.

- Isınma için kullanılan yakıtların uranyum oranları tespit edilmeli, kömürün uranyum içermeyen türleri tercih edilmelidir.
- Isıtma amacıyla kullanılan kazan daireleri gibi alanlarda havalandırma menfezleri bırakılmalıdır.
- Radon gazı çatlaklardan sızıntı yaparak yapı içerisinde dağıldığı için bodrum ve diğer katlarda; temel, duvar ve tavanlardaki çatlaklar izole edilmeli, kapatılmalıdır.
- Yapı malzemelerinden biri olan doğal taşların radyoaktivite oranı, kuruluşlarca belirlenen sınır değerlerden fazla ise bu yapı ürünleri, kapalı mekanlarda kullanılmamalıdır.

Tablo 2.12: Bazı ülkelerde radon eşik seviyelerinin uluslararası kuruluşlarca belirlenen değerleri.

Kurumlar	Yapı içi Radon sınır seviyeleri
WHO	200-400 Bq/mm ³
İngiltere	200 Bq/mm ³
Avrupa ülkeleri	400 Bq/mm ³
Kanada	800 Bq/mm ³
Uluslararası Atom Enerji Ajansı Temel Güvenlik Standartları (IAEA-BSS)	200-600 Bq/mm ³
ASHRAE (Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Birliği)	37 Bq/m ³
ICRP (Uluslararası Radyasyon Korunması Örgütü)	200 Bq/m ³
EPA (Çevresel Koruma Örgütü)	148 Bq/m ³
Fennos Candian (Danimarka, Finlandiya, İzlanda, Norveç, İsveç)	96,4 Bq/m ³
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	400 Bq/mm ³

2.2.2.7. PVC

Polivinil klorür, yapı malzemeleri, kimya endüstrisi, mutfak gereçleri, ofis ve ev eşyaları gibi birçok üründe kullanılan plastik malzemelerdendir. Dünyada polietilen ve polipropilenden sonra, yaygın olarak kullanılan plastik maddeler arasında 3.sıradadır. Kolay işlenebilirliği, ucuz maliyetli olması, dayanıklı olması, kolay temizlenebilir özellikleri nedeniyle ahşap yerine cam ve kapı çerçevelerinde, tesisat borularında, kablo yalıtımı, ambalaj sektörü gibi birçok alanda

kullanılmaktadır. PVC avantajlarının yanı sıra doğada atık oluşturma, zararlı katkı maddeleri içerme veya yandığı zaman dioksin gazı açığa çıkarma gibi bazı dezavantajlara da sahiptir. PVC'ye bağlı oluşan kirlilik için asbest veya radon gibi geniş kapsamlı çalışmalar ortaya konmamıştır. Ancak literatürde bu malzemenin zararlı etkileri için kısıtlı da olsa bazı çalışmalar yer almaktadır [Web 7,2019]. PVC'nin kendisi kirletici malzeme olarak tanımlanmamıştır. Bu nedenle kirletici kaynağı olarak sınıflandırılmamaktadır, ancak insan sağlığı açısından bazı zararları mevcuttur. PVC'nin yanması durumunda ortaya çıkan dioksin gazı, toksik bir maddedir ve zehirlenmelere neden olmakta, kirlilik oluşturmaktadır [Yengar, 2015]. PVC, ayrıca kullanım ömrü tükendiğinde, ahşap, bambu gibi biyobozunur bir malzeme değildir. PVC atıkları, doğada kirlilik meydana getirdiği için geri dönüştürülmeleri gerekmektedir. PVC'nin üretiminde kullanılan katkılardan olan fitalat malzemesi, PVC ve diğer plastik malzemelere esneklik kazandırmak için kullanılır, ancak bu malzemenin insan hormonları üzerinde zararlı etkileri vardır. Bu nedenle oyuncak üretiminde yasaklanan bu madde, yer karoları, streçfilm, boya gibi malzemelerde kullanıldığı için insan sağlığı için risk oluşturmaktadır. Kanada'da bu maddenin kullanımı yasaklanmıştır [Web 8, 2019]. PVC'nin üretiminde kullanılan katkıları, insan sağlığı için riskli bulunmuştur. Bu maddelerden bazıları klor, cıva, kurşun ve kadmiyum fitalat'tır. Klor gazının, sınır değerlerden fazla olmasının olumsuz etkileri olduğu bilinmekle birlikte, cıva maddesi PVC üretiminin ilk aşamalarında klor gazı açığa çıkarmak için kullanılır. Cıva malzemesi de insan sağlığına zararlı olarak kabul edilmektedir [Süyür vd., 2011]. PVC'nin üretiminde kullanılan kurşun ve kadmiyum gibi ağır metaller ise bu malzemenin ısıya ve ışığa duyarlılığını azaltarak, plastiklere dayanım kazandırmak için kullanılan katkılarıdır. Ancak bu ağır metallerin kullanım oranlarının standart seviyelerden fazla olması, bazı olumsuz etkiler meydana getirmektedir. PVC üretimindeki ana madde olan vinil klorür ise, kanserojen bir maddedir. Bu maddeye maruz kalanlarda yüksek tansiyon, dolaşım sisteminde rahatsızlıklar, kalp ve damar hastalıkları ortaya çıkabilmektedir. PVC ürünündeki en riskli madde fitalat türevi olan DEHP (Dietilheksil fitalat)'tir ve bu bileşik insanlarda endokrin sistemini bozan bir etkiye sahiptir [Koyuncu ve Aslan, 2014]. Ayrıca PVC ürünlerdeki fitalat maddesine maruz kalan kişilerin bağışıklık sistemlerinin, vücuda giren mikroplara karşı verdiği tepkiler değişmektedir. Bunun yanı sıra PVC'den kaynaklı zararlı gazlara maruz kalanların astım hastalığına yakalanma olasılığı artmaktadır. PVC'nin yapısında kullanılan bu

zararlı maddeler, bu maddelere ve dioksin gazına bağlı oluşacak salınımlar nedeniyle, bu bileşik iç mekan hava kalitesini etkilemektedir.

2.2.2.8. Biyoaerosoller (Mikroorganizmalar)

Biyoaerosoller, bakteri, virüs, mantar, alg, yosun, sporlar, polenler, böcek ve sinekler gibi mikroorganizmalardır. İç ortam havasında kirlilik oluşturan ve hastalık yayan bütün mikrobiyolojik canlılar biyolojik kirletici sınıfına girmektedir. Bu organizmalar, tek hücreli veya çok hücreli olabilirler. Bu biyolojik kirleticiler içinde, hastalık oluşturan veya hastalığa neden olmayan sadece taşıyıcı olan türlerde bulunmaktadır [Özdamar, 2017].

Bu kirleticilerden hastalık oluşturanlar, genellikle kirli, nemli ve sıcak ortamlarda, kullanıcı konforuna uygun olmayan sıcaklık ve bağlı nem koşullarında yuvalanmakta ve yayılmaktadırlar. oğalmaları için uygun ortam koşulları oluştuğunda bir dakika içinde milyonlarca üreyebilmektedirler. Bu kirleticilerin kaynakları; depo, akarlar, borular, eskimiş ve bozulmuş yapı malzemeleri, yapay ısıtma, soğutma, iklimlendirme sistemleri, toz tutan halı, kumaş gibi ıslak ve nemli örtü malzemeleri, yapı içerisindeki insan sayısı, dış hava, yapı içerisindeki kullanıcı veya canlılar olabilmektedir. Mikroorganizmalar, kapalı ortamlara dış hava yoluyla veya bir cansız madde ile taşınabileceği gibi, canlıların vücudunda parazit olarak da taşınabilirler. Bu kirleticilerin iç hava kalitesi açısından kaynağı önemli olduğu gibi, çoğalmasına ve yayılmasına neden olan diğer etkenlerde önemlidir. Yapı içerisine giren bu canlılar, özellikle hijyenik olmayan, sık temizlenmeyen, havalandırılmayan, ışıksız, nemli, çok sıcak veya çok soğuk ortamlarda, akarlar, havalandırma sistemleri, tesisat sistemleri içerisine yerleşerek hızla çoğalırlar. Yapıların işlevine göre, uygun kullanıcı sayısına göre tasarlanması ve iklimsel verilerde biyolojik kirleticiler üzerinde etkili parametrelerdir. Örneğin; kalabalık ve insan yoğunluğunun fazla olduğu kapalı alanlarda, koridorlar, hastane ve okullarda bu kirleticilerin yayılması hızlanmaktadır. Yaz mevsiminde sıcaklıkların artması da, kirleticilerin üremesine ivme kazandıran faktörlerdendir.

İç ortamda yayılan bu organizmalara bağlı olarak, i hava kalitesi bozulmakta, işyerinde çalışanların verimleri düşmekte, kapalı mekanlardaki kullanıcılarda hastalıklar meydana gelmektedir. Bu hastalıklar için en belirgin örnek; lejyoner

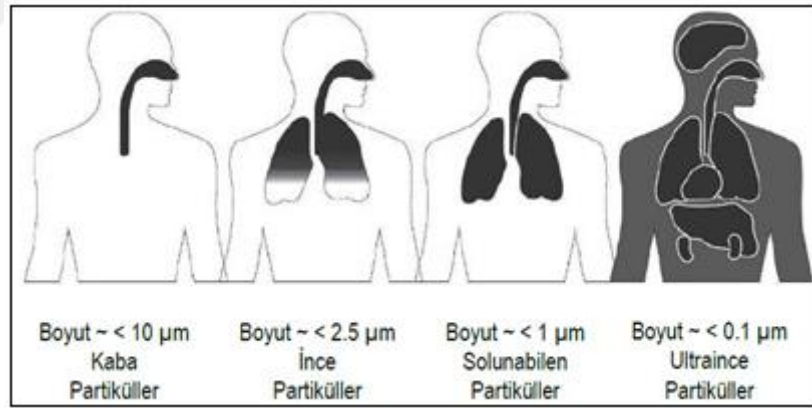
hastalığına neden olan Legionella bakterisidir. Bu hastalık ilk ortaya çıktığında, bu bakteriden dolayı salgınlar baş göstermiştir. Bu rahatsızlık; bulantı, kusma, öksürük, karın ağrısı, ateş gibi belirtileri olan lejyoner hastalığıdır, klima yoluyla da bulaştığı için klima hastalığı olarak da bilinmektedir [Web 9, 2019]. Lejyoner hastalığı dışında, solunum yolu enfeksiyonları, alerjik reaksiyonlar biyolojik kirleticilere bağlı olarak ortaya çıkan diğer rahatsızlıklardır. Kişilerde; bu hastalıkların ortaya çıkması, vücuda mikrobun girmesinden sonra anlaşılmaktadır. Kuluçka süresini tamamlayan hastalıklar, mikrobun vücuda girmesinden sonra 1-15 gün içerisinde hastalığa neden olmaktadır. Bu hastalıklar polenlerden kaynaklı olarak ortaya çıkan saman nezlesi gibi mevsimsel rahatsızlıklar olabildiği gibi, daha ağır ilerleyen ve zor iyileşen hastalıklarda olabilmektedir.

Mikroorganizmalara bağlı olarak oluşan hastalıkların süresi veya kişiler üzerindeki olumsuz etkileri, kişilerin bağışıklığına ve duyarlılığına, alerjenlerin tedaviye karşı oluşturduğu savunma mekanizmasına, iç hava kalitesinin niteliğine, kirletici kaynağına yönelik önlem alınması gibi birçok parametreye bağlı olarak değişmektedir. Biyolojik kirleticilerle mücadele, hem kişisel olarak hem de ortamın bu organizmalardan arındırılması ile yapılmaktadır. İnsan vücudunda; bu alerjenlere karşı bağışıklık sistemleri ile savunma mekanizması oluşturulmaktadır. İnsan vücuduna alınan bu organizmalar, ağız ve burunlardaki sistemler ile büyüklüklerine göre solunum yollarında tutularak, öksürme ve hapşırma ile vücuttan dışarı atılmaktadır. Temas yoluyla veya hava yoluyla insan vücuduna yerleşen mikrobiyolojik canlılar ise, hemen fark edilmedikleri için bu durumlarda, önlem almak zorlaşmaktadır. Ancak iç hava kalitesi için, bu kirleticilerin doğal çevreden çok, iç ortamlarda yayılma özelliğine karşı, gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu nedenle, iç ortamlarda, düzenli havalandırma ve temizlik yapılması, ortam nem ve sıcaklığının 22-25 °C olması, bağıl nem oranının da % 30-70 arasında olması; kullanıcılara daha sağlıklı ortamlar sunmaktadır. Ayrıca ıslak ve nemli halı, tekstil malzemeleri gibi ürünler kurutulana kadar kullanılmamalı, iç mekanlarda çamaşır gibi ıslak giyim eşyaları kurutulmamalıdır. Bu etkenler; hem biyolojik kirleticiler için uygun nem koşulları hem de astım hastaları için sağlıksız hava ortamı oluşturmaktadır. Bu mikroorganizmaların yapı içerisinde yuvalanmasını önlemek için HVAC sistemlerinin de belirli periyotlarla temizlik ve bakımı yapılmalı, filtreleri temizlenmeli, havalandırma kanallarının çıkış boruları dışarı verilmelidir. Böylece

iklimlendirme kanallarındaki nemli bölgelerde, bu organizmaların çoğalması engellenmelidir [Ceylan, 2011].

2.2.2.9. Partikül Maddeler ve Tozlar

PM olarak ifade edilen bu maddeler, solunum yoluyla vücuda alınacak kadar küçük, gözle görülmeyen, çapları 0,1 ile 100 mikron arasında değişen, ortamda katı veya sıvı halde olan taneciklerdir. Bu tanecikler; iç hava ortamına, iç mekan donanımları, ısıtma ve soğutma sistemleri, yapı malzemeleri, halı gibi ürünler, ofis yazıcı ve ekipmanları, dış hava ile yayılarak, kirlilik oluşturmakta, iç mekan hava kalitesini etkilemektedir. Bu kaynaklardan yayılan parçacıklar, PM₁₀, PM_{2,5} gibi farklı büyüklük ve çaplarda kategorize edilmektedir [Güllü, 2015]. Partiküllerin büyüklüklerine bağlı olarak oluşturduğu kirlilik ve sağlık sorunları da değişmektedir. Parçacıkların büyüklüklerine göre insan sağlığını etkilediği bölgeler şu şekildedir [Web 10, 2019], (Şekil 2.7):



Şekil 2.7: Partiküllerin insan vücudunda birikme durumları.

Küçük boyutlu partiküllere maruz kalındığında bu maddeler, büyük partiküllere göre solunum yoluyla insan vücuduna daha hızlı alınmaktadır. Büyük partiküller boğaz ve burun içerisindeki tüyler aracılığıyla, küçük çaplı olanlara göre daha kolay tutulmakta, hapşırma veya öksürme yoluyla dışarı atılmaktadır. Bu nedenle küçük partiküllerin insan sağlığına olumsuz etkisi daha fazladır [Coşgun, 2012].

Bu maddeler ortamda katı veya sıvı halde olabilirler. Zararlı gazlardan oluşan partiküller; su buharı oluştururken, asbest gibi zararlı maddeler; lifler halinde hava

ortamına yayılırlar. Bu maddelerden kimisi(0,5 mikrondan küçük olanlar) atmosfere veya iç havaya karışırken, kimisi özgül ağırlığına göre(0,5 mikrondan büyük olanlar) yere çökelmektedir [Otlu, 2012].

İnsan vücuduna giren partikül maddeler, astım, alerji, solunum yollarında iltihap ve tahriş oluşturmakta, asbest gibi lif parçacıkları da akciğerde birikerek kanser, asbestozis gibi hastalıklar meydana getirmektedir. Parçacıkların neden olduğu sağlık problemleri, bu maddelere maruz kalınan süreye, partikülün fiziksel ve kimyasal özelliğine, yoğunluğuna, zararlı içeriğine göre değişmektedir. Partikül maddelere bağlı olarak oluşan kirliliği önlemek için, bu maddelerin kaynakları kapalı mekanlarda uzaklaştırılmalı, kapalı mekanlar havalandırılmalı, düzenli periyotlarla temizlenmelidir.

İç ortam hava kirliliğine neden olan bütün kirleticiler, kapalı mekanlarda iç mekan hava kalitesinin niteliğini etkilemekte ve insan sağlığı üzerinde etkiler oluşturmaktadır. Bu kirleticilerin hava içerisindeki konsantrasyonuna göre iç hava kalitesi indeks değeri belirlenmekte, böylece Tablo 2.13'deki gibi İHK'nin niteliği tespit edilebilmektedir [Süren, 2007]. EPA'daki bu sınıflandırmaya göre iç hava kalitesi indeksi 0-50 arasında ise iyi, 51-100 arasında ise orta, 151-200 arasında ise sağlığa zararlı, 201 ile 300 arasında ise çok zararlı olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 2.13: İç hava kalitesinin niteliğine, renkler ve değerlere göre sınıflandırılması.

Hava Kalitesi İndeksi Değeri (Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$))	Sağlıkla İlgili Seviye	Renkler
Hava Kalitesi İndeksi Değeri, bu aralıkta olduğu zaman	...Hava kalitesi şartları:	...bu renklerle sembolize edildiği gibi:
0 ila 50 (0-54)	İyi	Yeşil
51 ila 100 (55-154)	Orta	Sarı
101 ila 150 (155-254)	Hassas gruplar için sağlığa zararlı	Portakal Rengi
151 ila 200 (255-354)	Sağlığa zararlı	Kırmızı
201 ila 300 (355-424)	Sağlığa çok zararlı	Mor
301 ila 500 (425-504)	Tehlikeli	Kestane rengi

Sağlıklı bir hava ortamının kullanıcılara sunulması için bu bölümde anlatılan tüm kirlilik kaynakları ve kirleticilerin, kapalı mekanlardaki konsantrasyonları dikkate alınmalıdır. Bu kirleticilerin iç ortamlarda standart düzeylerden fazla olması durumunda, sürdürülebilir ve ekolojik yapı tasarım ilkeleri sağlanamamaktadır.

2.2.3. Koku Kalitesi

Koku, hava içerisinde bulunan toz partiküllerin burun hücreleri tarafından algılanarak, duyumsanmasıyla oluşan bir histir. Koku duyusunun algılanması, kişilerin biyolojik, fiziksel ve psikolojik durumlarına göre, ortamın iç hava kalitesinin niteliğine göre değişebilmektedir. Kokuların duyumsanması, öznel bir histir. Bu hissiyattaki değişim kişinin yaşına, cinsiyetine, sağlık durumuna bağlı olabilmektedir [TMMOB, 2015].

Koku, ortamdaki iç hava kalitesi düzeyinin belirlenmesinde etkin parametrelerden birisidir. Örneğin; ortamdaki kirleticilerin fazla olduğu mekanlarda, toz partiküllerin hava içerisindeki yaydığı kötü kokular, kullanıcının memnuniyetini azaltmakta, ortamdaki kirletici kaynağı veya ortamın hava kalitesinin niteliği hakkında bilgi vermektedir. Ancak ortamda hissedilen kokuya bağlı olarak iç hava kalitesi ile ilgili saptama yapabilmek için kokunun ilk hissedildiği anda konu ile ilgili araştırma yapılmalıdır. Çünkü kötü kokular, mekanda belirli bir süre geçirildikten sonra, kokuya alışma durumuna bağlı olarak duyumsanmamaktadır. Literatürde koku yorulması olarak bilinen bu olgu, hissedilen kötü kokulara karşı burun hassasiyetinin bir süre sonra azalması ve kokuların algılanamaması durumudur.

Ortamda koku kalitesini düşüren temel etken, hava içerisinde yayılmış toz zerrecikleridir. Tozun kaynağını oluşturan iç hava kirleticileri, aynı zamanda kokunun da kaynağıdır. Yapı malzemelerinin üretilmesi sırasında kullanılan kimyasallar, dış çevredeki hava kirliliğine bağlı olarak ortaya çıkan koku emisyonları, iç ortamda hava içerisinde bulunan karbon kaynaklı gaz moleküllerinin fazlalığı, sigara dumanı gibi diğer kirleticiler koku kalitesini azaltmaktadır. Bu nedenle ortamdaki kokunun niteliği, aynı zamanda iç mekan hava kalitesinin tespitinde bir ölçüttür. Uçucu organik bileşik, formaldehit gibi kimyasalların yaydığı koku, bu kirleticilerin ortamdaki varlığının tespit edilmesini kolaylaştırmaktadır [Web 11, 2019].

İç ortamda koku kalitesinin karşılanabilmesi için koku kaynağı oluşturan kirleticilerin ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir. Ayrıca mekanın havalandırma koşulları, koku kalitesi ve iç hava kalitesinde konforu sağlayacak nitelikte olmalıdır. Dolayısıyla havalandırma, iç mekan hava kalitesi ve koku kalitesi birbirini doğrudan etkileyen üç parametredir. Koku ve iç hava kalitesinin yapılarda istenilen düzeyde olması, sadece havalandırma koşulları ile alakalı değildir. Bundan dolayı, havalandırma koşullarının yanı sıra, kirletici kaynakları da iç hava kalitesi açısından dikkate alınması gereken faktörlerdendir. Aksi takdirde havalandırma şartları kullanıcılar için memnuniyet oluştursa dahi, ortamdaki kirleticilerin kaynağına yönelik bir çözüm yöntemi geliştirilmediği sürece, koku kalitesi ve hava kalitesi sağlanamayacaktır. Bu nedenle iç ortam hava kirliliğinin kaynaklarını tespit ederek, kullanıcıların bu kirleticilere maruz kalmasını önlemek konfor koşullarının en önemli aşamalarındandır. Bu nedenle iç mekanda kimyasalların yayılmasına yol açan, boya, vernik, yapı malzemeleri, mobilyalar gibi ürünler doğru seçilmelidir.

Kirleticilerin kaynağına yönelik önlemlerin alınmasından sonra, havalandırma sistemlerinin doğru tasarımı önem kazanmaktadır. Bu sistemler, ortama taze hava sağlarken, mekan içerisindeki kirli hava ve kokuları da ortamdaki uzaklaştırmalıdır. Bu açıdan havalandırma, koku kalitesi, iç hava kalitesi, kirletici kaynakları ve iç ortam hava kirlenmelerinin; birbirlerini etkileyen faktörler olduğu unutulmamalıdır.

2.2.4. Isıl Konfor

Isıl konfor, yapılarda kullanıcılar için uygun sıcaklık hissinin oluşturulmasıdır. Aynı zamanda; kapalı ortamlarda, standartlarda belirlenen sınır değerlerini karşılayan ortalama sıcaklık koşullarının sağlanabilmesidir. Isıl konfor koşulları için standartlardaki limit değerler göz önüne alınarak belirli oranlar tespit edilse de, ısı konforu kişiden kişiye ve birçok farklı etkene göre değişmektedir. Örneğin; aynı ortam koşullarında çalışırken biri hareket eden, diğeri hareketsiz şekilde duran iki farklı kullanıcı için ortam sıcaklığı, hareket edene göre ortalamanın üzerinde hissedilebilirken, sabit duran için konforlu olabilmektedir. Bu nedenle ısı konfor koşulları, ortamdaki fiziksel, çevresel etkenlere bağlı olarak sıcaklıktan, bağıl nemden ve hava akım hızından etkilenmektedir. Dolayısıyla, ısı konforu kullanıcıların aktiviteleri, metabolizmaları, yaşı, cinsiyeti, vücut boyutları gibi

fiziksel ve biyolojik değişkenlere göre de farklılık göstermektedir. [Aydın, 2017] Isıl konfor koşullarını etkileyen bazı parametreler Şekil 2.8’de verilmiştir [Web 12, 2019].



Şekil 2.8: Isıl konfor parametreleri.

Isıl konfor farklı parametrelere bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte uluslararası ASHRAE 55–2004 ve ISO 7730 standartlarında kullanıcıların büyük çoğunluğuna uygun şartları sağlayacak isıl konfor değerleri saptanabilmektedir. Ortalama sıcaklık değerleri; nem, hava hızı, metabolik oran ve giysi yalıtımı gibi etkenler kullanılarak belirlenmektedir [Web 13, 2019]. Konfor koşulları için uygun sıcaklık değerleri ASHRAE 55-2004 belirlenmiştir. Bu değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir [Nikolaou et al., 2015], (Tablo 2.14):

Tablo 2.14: Isıl konfor için sınır değerleri.

Parametreler	Değerler	
	Yaz	Kış
Hava Sıcaklığı	22°C – 26°C	18 °C – 22 °C
Bağıl Nem	%40 – 70	
Hava Akış Hızı	0,1 – 0,2 m/sn (hava akımı olmadan)	
Giyim	0,5 clo	0,9 clo

2.2.4.1. Sıcaklık

Sıcaklık, mekanda isıl koşulları belirleyen ölçüdür. Bir mekanın sıcak, ılık veya

soğuk olması ortamdaki ısının miktarı ile orantılıdır. Ancak kişilerde oluşan sıcaklık hissi sadece çevredeki fiziksel koşullara değil aynı zamanda vücudun biyolojik durumu ve kullanıcının psikolojisi ile de alakalıdır. Beden sıcaklığı, ortam sıcaklığına göre fazla ya da az olabilir. Bu durumlarda kişilerde ısı kazançları veya kayıpları meydana gelmektedir. Kişilerin ısı aktarımı sırasında oluşan değişikliklerden hoşnut olması, ısı konforunun sağlanması anlamına gelmektedir.

Sıcaklık hissi, kişilere göre değişken olsa da ısı konfor şartlarının sağlanması için bir mekandaki ortalama sıcaklık değerleri standartlara göre belirlenebilmektedir. Bu standartlardaki verilere göre ısı konfor için sıcaklık değerleri şu şekildedir [Ceylan, 2011], (Tablo 2.15):

Tablo 2.15: İç ortamda ısı konforu için ortalama sıcaklık değerleri.

Kurum	Kışın sıcaklık konfor aralığı	Yazın sıcaklık konfor aralığı
CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers/ Bina Hizmetleri Danışma Mühendisleri)	19°C ile 23°C arası	< 27°C
ASHRAE Standart 55	20°C ile 23,6°C arası	22,8 °C ile 26,1°C arası
DIN (Deutsches Institut für Normung/ Alman Enstitüsü Normları, 1946)	20 °C ile 26 °C arası	
TS (Türk Standartları Enstitüsü) 12281	Konut için; 18°C ile 24°C arası (Mekânda küçük çocuklar ve yaşlılar varsa 20°C)	
TS 3419	22°C ile 23°C arası	26 °C ile 28°C arası

İç ortam sıcaklığının kullanıcılar üzerinde etkisi olduğu gibi, iç ortam kirleticileri üzerinde de etkisi vardır. Ortalamanın üzerindeki sıcak ortamlarda; kullanıcılarda yorgunluk, rahatlama ve gevşeme, sinirlilik, dikkat eksikliği, odaklanamama, çalışma etkinliğinde azalma gibi belirtiler görülürken, soğuk ortamlarda ise uzuvlarda uyuşmaya bağlı işlevsizlik meydana gelmektedir. Mikrobiyolojik ortam kirleticileri ise, çok soğuk veya sıcak ortamlarda daha çok üreyip, çoğalmaktadır. Bu kirleticilerin hava ortamında yayılması ve solunum yollarında birikmesi ile vücuda alınması sonucu hava yolu ile bulaşan hastalıklar yayılmaktadır. İyi havalandırılmayan iç hava ortamlarında; bu kirleticiler, iç hava kalitesini bozmaktadır. Hastalıkların önlenmesi için ortam havalandırılarak iç hava kalitesi sağlanmalıdır. Ortam kirleticisinin yayılmasını önlemek için gereken ısı koşulları oluşturulmalı, kirletici kaynağı için de önlem alınmalıdır [Arda,2000].

2.2.4.2. Nem

Havada bulunan su buharı, nem olarak adlandırılır. Hava içerisindeki su buharının miktarı, nem oranını belirler. Bir ortamdaki havanın yaşanabilir olması için havanın içerisinde su buharının mevcut olması gerekmektedir. Bu nem oranı, havanın kalitesinin belirlenmesinde etkili olmaktadır.

Ortamda uygun iç hava kalitesinin sağlanabilmesi için uluslararası standartlara göre bağıl nem oranları belirlenmiştir. Bu oranlar, yaz ve kış mevsimine göre değişiklik göstermektedir. ISO standartlarının 1994 yılındaki oranlarına göre hava içerisindeki nem oranının % 30-70 sınır değerleri içerisinde olması gerekmektedir. ASHRAE standardına göre, 2001 yılında %30 ile 60 arasında belirlenen ortalama değerler, TSE (Türk Standartları Enstitüsü) standartlarında %35-65 oranlarındadır. Havada bulunması gereken ortalama bağıl nem oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir [Akgül, 2010], (Tablo 2.16):

Tablo 2.16: Havada bulunması gereken nem oranları.

Standartlar	CO ₂ (ppm)	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)
ASHRAE	1000	30-60	20-25
Almanya	5000 9000 (15 dakika)	30-70	20-26
Kanada	3500	30-80 (yaz) 30-55 (kış)	
Hong Kong	800 (1. Düzey) 1000 (2. Düzey)	40-60	20-25,5

Nem oranının ortamda gerekenden fazla bulunması, mantar gibi mikrobiyolojik kirleticilerin ortamda çoğalmasına neden olmaktadır. Fazla nemli ortamlarda hızlı üreyen mantar sporları; HVAC sistemlerinin kanallarına yerleşmekte ve havalandırma esnasında ortama dağılmaktadır. Nem oranının yüksek olduğu ortamlar, astım veya toza karşı alerjisi olanlar için uygun hava kalitesi sağlamamaktadır. Bu nedenle, kapalı ortamlarda nem oranının yüksek olması durumunda, astım ve alerji gibi hastalıklar artmaktadır. Ayrıca nem oranının yüksek olduğu ortamlarda hissedilen sıcaklık derecesi de artmakta, kullanıcılar da bunalım, sıkılma gibi psikolojik durumlar gözlenmektedir. Nem oranının ortamda artması sonucunda iç hava kalitesi bozulmakta, sağlıksız bir iç ortam havası oluşmaktadır [Ceylan, 2011].

Düşük nem oranında, havadaki kuruluk nedeniyle cilt üzerinde alerjik reaksiyonlar meydana gelebilmektedir. Deri üzerinde kurumaya bağlı olarak tensel dokuda kızarıklık, kuruma gibi olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır. Bu durum, egzama gibi cilt hastalıklarının oluşmasını hızlandırmaktadır. Ayrıca kuru ortamlarda solunum yollarında biriken parçacıkların nefes yoluyla temizlenmesi güçleştiğinden, boğazlarda meydana gelen tahriş, kuru öksürükle sonuçlanmaktadır [Arıcı ve Seçilmiş, 2005].

Mikroorganizmaların yaygınlaşmasını ve kullanıcılarda hastalıkların meydana gelmesini önlemek, iç hava kalitesinde ideal nem oranını sağlamakla mümkündür. Bunun için iç mekan tasarımları da önem kazanmaktadır. Farklı önlemlerle, iç mekan hava kalitesindeki nem oranını idealize etmek gerekmektedir. Ortamdaki nem oranını ayarlamak için birçok farklı etken göz önüne alınmalıdır. Nem oranı için mevsimsel dönemler, yapının bulunduğu iklim, yapının işlevi önemli parametrelerdir. Ülkemizdeki coğrafi bölgeler açısından bu bilgiyi değerlendirecek olursak, Karadeniz iklimi ile karasal iklim bölgesindeki yapılarda, dış ortamdaki nem oranlarına bağlı olarak, iç ortam nem değerleri de farklı olacaktır. Aynı şekilde sanayi üretimi yapan fabrika yapılarında veya konfeksiyon gibi atölyelerde, ortamda oluşan su buharı miktarı, havanın nem yüzdesini etkileyeceği için bu yapılarda ideal nem oranını oluşturmak amacıyla bu etkenlere göre uygun dış kabuk tasarımı yapılmalı ve uygun iç mekan donanımları kullanılmalıdır. Bu nedenle sağlıklı iç hava kalitesi için, her bir etken ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

2.2.4.3. Hava Akım Hızı

İç mekan hava kalitesinin sağlanmasında ortamın havalandırılması önemlidir. Kapalı ortamda havanın durağan olması, iç hava içerisindeki kirleticileri arttırmaktadır. Ortamdaki kirleticilerin uzaklaştırılması, ortamdaki havanın, taze hava ile değiştirilmesiyle mümkündür. Bu nedenle ortamda, hava sirkülasyonu sağlanmalıdır. Ortamdaki hava sirkülasyonu ile mekanın iklimlendirme ihtiyacı karşılanmalıdır.

Bu çerçevede hava akım hızı, hava sirkülasyonunun sağlanmasında en önemli etkenlerden birisidir. Birim zamanda meydana gelen hava hareketindeki değişikliğe hava akım hızı adı verilir. İç mekan hava kalitesi için hava akım hızının ideal aralığı,

0,15 -0,5 m/sn arasındadır. Uygun hava akım hızının ise 0,15 m/sn olduğu kaynaklarda belirtilmiştir.

İç mekanda hava akım hızının, ortalamanın üzerinde olması, hava sirkülasyonunu artırmaktadır. Bu durum kullanıcılarda üşüme hissi oluşturmaktadır. Hava akımının az olması durumunda ise, durağan hava koşulları olduğundan iç ortam bunaltıcı olarak tanımlanmaktadır. Kapalı alanların havalandırılması noktasında, hava sirkülasyonu ile taze havanın ortama alınması önemli olduğu gibi, ortamdaki ısı konfor açısından da iç hava hareketindeki değişim hızı standartlarda belirtilen 0,2 m/sn'den fazla olmamalıdır [Özdamar,2017].

2.2.5. Diğer Unsurlar

Yapı içerisinde iç mekan hava kalitesinin artmasını veya azalmasını etkileyen bazı unsurlar vardır. Bu unsurları, mekanın işlevi, insan aktiviteleri, mekandaki insan yoğunluğu, mekanın hacmi olarak sıralayabiliriz.

Mekanın işlevi ve kullanım amacı, iç hava kirleticileri açısından önem taşımaktadır. Sanayi amaçlı kullanılan yapılarda, iç mekan hava kirliliği normal bir konut yapısına göre, daha fazla olmaktadır. Aynı şekilde buharlı üretimin yapıldığı kapalı mekanlarda ortamdaki nem oranı, kirleticilerin biyolojik özelliklerini etkilemektedir. Mekan içerisindeki insan aktiviteleri, ortamda sigara içilmesi gibi durumlar İHK etkileyen bir diğer unsurdur. Sigara içilen ortamdaki sigara dumanı, iç havaya toksik maddelerin yayılmasına ve sigara içmeyenlerin pasif içici olmasına neden olmaktadır. Ayrıca mekan içerisindeki insan yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda, toz ve partiküller daha çok birikmektedir. İç mekan hava ölçümlerinin yapıldığı çalışmalarda, koridor alanlardaki kirliliğin, diğer mekanlara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir [Alptekin ve Çelebi, 2015]. Bunun yanı sıra kapalı mekan hacmi küçüldükçe, yapılarda iç hava kirliliğinin oranları artmaktadır. Basık ve tavan yüksekliği az olan ortamlar, kullanıcılara daha sağlıksız bir iç çevre sunmaktadır. Yapılarda iç mekan hava kalitesini etkileyen diğer unsurlar şu şekildedir:

- Yapının eski olması ve tadilat gerektirmesi
- Yapılarda tavan yüksekliğinin çok basık veya gerekenden çok yüksek olması
- Binanın resmi kurum, sanayi yapısı gibi işlevlerde olması

- Dış kabuğun hava almayan yapıda olması (doğal havalandırmaya izin vermeyen cephe düzeni)
- Binanın havalandırma veya ısıtma sisteminin tek merkezden yönetilmesi
- Ofislerde açık rafların fazla olması
- Yapı hacminin gerekenden fazla ya da az olması
- Yapı malzemelerinin toksik madde içermesi, UOB, formaldehit yayması
- Kapalı mekanda yazıcı, lazer gibi ekipmanların bulunması
- Enerji tasarrufu sağlamak için HVAC sistemlerinin kullanılmaması
- Mekanın yeteri kadar temiz tutulmaması
- Kalitesiz, sağlıksız ürünlerin mekanda kullanılması

2.3. İç Mekan Hava Kalitesinin İnsan Sağlığına Etkisi

İnsanlar, zaman geçirdikleri kapalı ortamlarda, iç havaya kısa veya uzun süreli olarak maruz kalmaktadır. Çalışma ortamlarında günde 8 saatini kapalı ortamlarda geçiren çalışanlar, hastane ortamında özellikle yataklı servis bölümlerinde hastalıkları süresince tedavi gören hastalar, okullarda 5-6 saatlerini geçiren öğrenciler ve konutlardaki kullanıcılar; kapalı ortam havasını solumaktadır. Bu nedenle, iç ortam hava kalitesi açısından kirliliğin, hava kalitesini bozacak boyutlarda olması, insan sağlığını büyük ölçüde etkilemektedir. İç hava kirliliğine maruz kalan kullanıcılarda, iç ortamda geçirdikleri süreye bağlı olarak, sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Kapalı ortamlardaki kirliliğe uzun süre maruz kalanlarda meydana gelen etkiler, kısa süre maruz kalanlara göre daha fazla olmaktadır. Aynı zamanda kapalı ortamlardan kaynaklı olarak ortaya çıkan hastalıkların, kişilerde tespit edilmesi kimi durumlarda uzun bir süreç sonunda mümkün olurken, bazı durumlarda ise bu hastalıklar kullanıcılarda erken bir sürede tespit edilmektedir. Dolayısıyla, insan sağlığı açısından sağlıklı iç ortam koşullarının, kullanıcılara sunulması, bu noktada önemlidir. Bunun içinde yapılar tasarlanırken, iklimsel veriler, dış ortam koşulları, yapının işlevi gibi farklı parametreler göz önüne alınmalıdır. Kullanıcılar açısından uygun ortam kalitesinin sağlanması bağlamında; ısı, akustik ve görsel konfor ile birlikte iç hava kalitesi de binalarda temin edilmiş olmalıdır. Özellikle insan sağlığı yönünden doğal havalandırma, aydınlatma, uygun

sıcaklık, nem ve hava koşullarının yapılarda tedarik edilmesinde; yapının topografyası, bakı yönü, konumlanması, farklı mevsimlere göre iklim verileri gibi değişkenlerin önemi büyüktür.

Kullanıcılar için, uygun ortam kalitesinin sağlanamadığı durumlarda, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler meydana gelmektedir. Bu olumsuz etkilerin tespit edilmesi, kullanıcılarda ortaya çıkan semptomlar ile mümkün olmaktadır. Bu belirtiler; baş ağrısı, baş dönmesi, hızlı nefes alma, kalp ritminde hızlanma, nefes almada güçlük, deride kızarıklık ve kuruma, kas ağrıları, yorgunluk, halsizlik, ateşlenme, titreme, gözlerde sulanma olarak sıralanabilir. Bu belirtiler herhangi bir hastalık sonucunda meydana gelmekle birlikte, iç hava kirliliği nedeniyle kullanıcılarda ortaya çıkan hastalıkların belirtileri de olabilir. Yapılardaki kalitesiz hava ortamlarının, insanlarda; akciğer kanseri, kronik astım, göğüs daralması, göz/burun/boğaz tahribatı, soluk alma kapasitesinde azalma gibi sağlık sorunlarına yol açtığı bilinmektedir [Akal, 2013].

Bu alanda yapılan bilimsel araştırmalar, kapalı ortamlarda havanın niteliğine göre, kullanıcılarda; bina ile ilişkili hastalıkların (hasta bina sendromu) ortaya çıktığını göstermektedir. Bu hastalıkların ortaya çıkmasında, kullanıcının yaşı, cinsiyeti, kirliliğe maruz kalma süresi, iç hava kirliliğinin derecesi gibi farklı birçok parametre etkili olmaktadır.

2.3.1. Bina ile İlişkisi Hastalıklar

Bina ile ilişkili hastalıklar, yapılardaki iç ortam koşullarının kullanıcıları olumsuz etkilemesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu hastalıklar nedeni, yapıların kişilere, sağlıksız koşullar sunmasıdır. Kimyasal ve sağlığa zararlı maddeleri içeren yapı malzemelerinin binalarda kullanılması, mobilya gibi eşyaların formaldehit gibi kimyasalları içermesi, halı gibi tekstil malzemelerinin partikül maddeleri hapsederek kirletici kaynağı haline gelmesi, boya ve verniklerden yayılan kokuların solunabilir zararlı gaz maddeleri içermesi gibi birçok faktör bu hastalıkların oluşmasında etkili olmaktadır. Ayrıca insan yoğunluğunun fazla olduğu hastane, ofis, okul gibi alanlarda kirlilik oranının da bu yoğunluğa paralel olarak arttığı bilinmektedir. Bir mekanın işlevine göre azami kullanıcı sayısından daha fazla insan yoğunluğunu barındırması, insan psikolojisini de olumsuz etkilemektedir [Çilingiroğlu, 2010].

Bu etkenlerden kaynaklı olarak iç ortam koşulları kullanıcılar için sağlıksız ortamlar sunmaktadır. Özellikle psikolojik ve ruhsal etkilenmenin yanı sıra ortam şartlarının sağlıksız olması, insanlarda fiziksel ve biyolojik rahatsızlıkları da tetiklemektedir. Kötü ortam koşulları, kullanıcılarda sinirlilik, gerginlik, depresyon, stres gibi psikolojik rahatsızlıklar oluştururken, yorgunluk, halsizlik, baş ağrısı, nefes almada güçlük, deri ve organlarda alerjik reaksiyonlar gibi rahatsızlıklar oluşturmaktadır [Gönüllü vd., 2002], (Tablo 2.17).

Tablo 2.17: Bina ile ilişkili hastalıklarda görülen belirtiler.

Belirtiler	İç Ortam Hava Kirleticileri			
	Sigara Dumanı	Yanıcı Bileşikler	Biyolojik Kirleticiler	Uçucu Organik Bileşikler
Burun tıkanıklığı	+	+	+	+
Farenjit/nezle	+	+	+	+
Hırıltılı nefes	+	+		+
Hazımsızlık	+		+	
Göz iltihaplanması/ gözde kaşınma	+	+	+	+
Baş ağrısı/ baş dönmesi	+	+	+	+
Uyuşukluk/ yorgunluk/ kırgınlık		+	+	+
Mide bulantısı/ kusma		+	+	+
Halsizlik		+		+
Ciltte kızarıklık/ kaşıntı			+	+
Ateş/ soğuk algınlığı		+	+	
Kalp sıkışması		+		
Retinal zayıflama				
İşitme kaybı				

Bu belirtilerin kişilerde artması, bina ile ilişkili hastalıkların ortaya çıkması ile sonuçlanmaktadır. Bina ile ilişkili hastalıklar, gözlenen semptomların türüne göre sınıflandırılabilir [Otlu, 2012], (Tablo 2.18).

Tablo 2.18: Bina ile ilişkili hastalıklar.

Bina ile İlişkili Hastalıklar	Hastalığın Türü
Toksik hastalıklar	Karbon monoksit zehirlenmesi
Enfeksiyon hastalıkları	Legionella hastalığı
Alerjik hastalıklar	Astım, saman nezlesi, pnömoniti

Bina ile ilişkili hastalıkların, kişilerde teşhis edilmesi uzun zaman almaktadır. Sağlıksız ortam koşullarının kişilerde oluşturduğu tahribat, uzun süreçler sonucunda fark edilmektedir. Bu nedenle, bu hastalıklara tanı koymakta zorlaşmaktadır [Çilingiroğlu, 2010].

Daha çok 1970’li yıllardan sonra enerji tasarruf politikalarına bağlı olarak, kapalı ortamlarda yetersiz havalandırmanın yapılması, sızdırmaz kabuk tasarımları nedeniyle pencerelerin dışa açılmaması, havalandırmanın klima sistemleri ile sağlanması, iç ortamda doğal havalandırmanın azaltılması gibi etkenlerden sonra bina ile ilişkisi hastalıklar ön plana çıkmış ve bu alanda yapılan çalışmalar hız kazanmıştır [Akal, 2013].

Bu hastalıkların önlenmesi için iç meknlarda kirlilik oluşturan kaynaklar; sağlıksız yapı malzemeleri, iç meknl donanımları, yapı içerisindeki alet ve ekipmanlar, tekstil malzemeleri binalardan uzaklaştırılmalıdır.

2.3.1.1. Hasta Bina Sendromu

Bina ile ilişkili hastalıklar içinde, en bilinen ve en yaygın olanlardan biri hasta bina sendromudur. DSÖ’ne göre kapalı ortamlarda baş ağrısı, halsizlik, dikkat eksikliği, solunum yollarında mukozal şikayetler, ciltte alerjik reaksiyonların bulunmasının yanı sıra tüm bu şikayetlerin kapalı ortamlara bağlı olarak kullanıcılarda görülmesi, binanın terkedilmesi durumunda bu şikayetlerin azalması olarak tarif edilen bu rahatsızlık, hasta bina sendromu olarak adlandırılmaktadır [Ooi et al., 1998]. Hasta bina sendromu kavramı, 1980’li yıllardan sonra ortaya çıkmış ve 2000’li yıllarda bu alandaki çalışmalar ivme kazanmıştır.

HBS’nun kişilerde görülme olasılığı, kapalı ortamlardaki hava koşulları, iç hava kirleticilerinin oranı, kirletici kaynağının yoğunluğu, kapalı ortamlarda

geçirilen süre, kişinin yaşı ve cinsiyeti, psikolojik durumu, kronik hastalığı bulunup-bulunmaması gibi birçok etkene bağlı olarak değişmektedir [Redlich et al., 1997] Ancak bilimsel veriler ışığında, HBS'nun kişilerde görülme sıklığı son yıllarda arttığı saptanmıştır. Ersoy'un Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ndeki çalışanlarda HBS görülme sıklığı üzerine yaptığı çalışmaya göre, kurumda çalışanlardan bu araştırmaya katılanların % 56'sında (56 kişi) HBS görülmüş, % 44'ünde (37 kişi) bu hastalıkla ilgili bir bulguya rastlanmamıştır [Ersoy, 2010]. Otlu'nun Turgut Özal Tıp Merkezi çalışanlarında HBS'nin görülme sıklığı üzerine yaptığı tez çalışmasına göre, araştırmaya katılanların % 62'sinde HBS'nun görüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca bu hastalığın görüldüğü kişilerin, % 67,1'inde yorgunluk ve bitkinlik, % 59,5'inde baş ağrısı, % 53,6'sında boğaz kuruluğu, % 52,4'ünde gözlerde yanma ve batma şikayetleri gözlemlenmiştir [Otlu, 2012]. Yücel'in bir kamu kuruluşundaki çalışanlarda HBS görülme sıklığı konusunda yapılan tez çalışmasına göre, çalışmaya katılanların % 31,9 HBS görüldüğü saptanmıştır, ayrıca bu sendromun görüldüğü kişilerin oransal olarak büyük çoğunluğunu kadınların oluşturduğu belirlenmiştir. Bu nedenle HBS'nin kadınlar için erkeklere göre daha fazla potansiyel risk oluşturduğu anlaşılmıştır. Bunun yanı sıra araştırmaya katılan kişilerin %69'unda yorgunluk, %65,7'sinde baş ağrısı %55,2'sinde de gözlerde yanma gibi belirtiler tespit edilmiştir [Yücel, 2008]. Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA)'ya göre hasta bina sendromu sık görülen hastalıklarda 4. sırada yer almaktadır [Demirarslan ve Başak, 2018].

Hasta bina sendromu görülen kişilerde temel şikayet yorgunluktur. Bunun yanı sıra baş ağrısı, kas ağrıları, ciltte döküntü ve kuruluk, burun akıntısı ve nefes almada güçlük gibi belirtiler de görülmektedir. HBS'nin görüldüğü kişilerdeki semptomlar şu şekildedir [Bulgurcu, 2008], (Tablo 2.19):

Tablo 2.19: HBS'da görülen semptomlar.

Baş ağrısı	Teneffüs zorlukları
Göz, boğaz, burun tahrişi	Göz sulanmaları ve kızarıklıkları
Kuru öksürük	Ateşlenme
Ciltte döküntü	Titreme
Baş dönmesi, bulantı	Hızlı kalp atışı
Konsantrasyon bozukluğu	Kas ağrıları
Yorgunluk	İşitme kayıpları
Kokulara karşı hassasiyet	Ağız ve burun içi kuruluğu
Burun kanamaları	Kas seğirmesi
Öksürük	Tanımlanamayan alerjik reaksiyonlar

2.3.1.2. Lejyoner Hastalığı

Lejyonerler hastalığı bir bakteriden kaynaklanan akciğer enfeksiyonudur. Legionella Pneumophila adlı bakterinin neden olduğu hastalık ilk defa Amerika'nın bir eyaleti olan Philadelphia'daki lejyonerler toplantısında bulunanlarda salgın olarak ortaya çıktığı için lejyoner hastalığı olarak adlandırılmıştır [Web 14, 2019]. Bu hastalığa neden olan bakteri, çoğunlukla su ve nemin yaygın olduğu ortamlarda bulunmaktadır. Su damlacıkları ve havalandırma ekipmanları ile ortama yayılan ve hava içerisinde asılı kalan mikroorganizmanın, solunum ile akciğerlere ulaşması sonucunda, vücuda mikrobun girmesinden sonraki 2-10 gün arasında hastalık belirtileri ortaya çıkmaktadır. Halsizlik ve yorgunluk ile başlayan belirtilerin seyri yüksek ateş ile devam etmektedir. Sonrasında alt solunum yolu enfeksiyonuna bağlı olarak öksürük, nefes darlığı ve göğüs ağrısı meydana gelmektedir. Bulantı, istifra, karın ağrısı, baş ağrısı, kaslarda ağrı, huzursuzluk, bilinç bulanıklığı, dalgınlık bu hastalıkta görülen bir diğer belirtilerdir [Web 15, 2019], (Tablo 2.20).

Tablo 2.20: Lejyoner hastalığında ana belirtiler.

Özellik	Lejyoner Hastalığı	Pontiac Ateşi
İnkübasyon periyodu	2-10 gün (nadiren 20 gün)	5 saat- 3 gün
Hastalık süresi	Haftalar	2-5 gün
Vaka-ölüm oranı	Duyarlılığa bağlı olarak değişebilir Hastane kaynaklı lejyoner hastalığında % 40-80'e ulaşabilir.	Ölüm yok
Atak hızı	Genel popülasyonda % 0.1-5 Hastanelerde % 0.4- 14	% 95'e kadar
Belirti- Bulgular	<ul style="list-style-type: none">▪ Yüksek ateş▪ Baş ağrısı▪ Üşüme-titreme▪ Kas ağrısı▪ Relatif bradikardi▪ Öksürük (produktif olmayan, kuru)▪ Hemoptizi (nadir)▪ Nefes alma güçlüğü, göğüs ağrısı▪ İshal, kusma, bulantı▪ Mental durum değişiklikleri (Santral sinir sistemi bulguları)▪ Hiponatremi ve/veya hipofosfatemi▪ Karaciğer enzimlerinde ılımlı yükselme▪ Gram-boyalı balgam yaymasında bol nötrofil varlığına rağmen bakteri görülmemesi	<ul style="list-style-type: none">▪ Yüksek ateş▪ Halsizlik▪ Yorgunluk▪ Kas ağrısı▪ Eklem ağrısı▪ Baş ağrısı▪ Öksürük▪ İshal▪ Bulantı▪ Kusma (nadir)

Halk arasında bilinen bir hastalık olan zatürrenin diğeri bir çeşidi olan lejyoner hastalığı, iç mekanlardaki kirliliğe bağlı olarak ortaya çıkan bina ile ilişkili hastalıklardan birisidir. Özellikle aerosollerin solunmasının bu hastalığa sebebiyet verdiği bilinmektedir. İç mekanlarda kullanılan duş ve musluk sularında, jakuzi ve spa alanlarında, bina su sistemlerinde; Legionella bakterisi kolayca üreyip çoğalabilmektedir. Ayrıca soğutma kuleleri ve klimalar için kullanılan buharlaşmalı kondenserlerin, sis cihazlarının, süslemeli iç mekan havuz ve çeşmelerinin kirlenmesi, bu hastalığa yakalanma riskini artırmaktadır. Legionella bakterileri; sıcak ve soğuk su tanklarında, az su akışı olan veya su akmayan borularda, borular ve tankların iç yüzeylerindeki tortulanma ve kir bölgelerinde, yıkama malzemelerinin kauçuk ve doğal liflerinde, HVAC sistemlerinin iklimlendirme kanalları gibi yerlerde bulunmaktadır. Lejyoner hastalığının temel sebebi; bu bakterinin ortamda çoğalması ile hava ortamında solunarak insan vücuduna alınmasıdır [Web 14, 2019].

2.4. İç Mekan Hava Kalitesi ile İlgili Standartlar

İç mekan hava kalitesi ile ilgili ilk çalışmalar, sanayi devriminden sonra 18.yy'ın ikinci yarısında ve 19.yy'ın başlarında gerçekleşmiştir. 1836'da Tregold, 1858'de Pettenkofer bu alanda çalışmalar ve deneyler yapan bilim insanlarından. Bu dönemde yapılan deneyler, karbondioksit gazının hava içerisinde bulunma oranı, kirlilik kaynağı olarak sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağı, bir kişinin ihtiyacı olan taze hava miktarının belirlenmesi ile ilgiliydi. Tredgold'un çalışmalarına göre bir kişinin ihtiyacı olan taze hava miktarı belirlenmiştir [Tredgold, 1836]. Bu oran 2,5 L/s olarak tespit edilmiştir. Pettenkofer'in çalışmalarında ise, karbondioksitin tek başına kirletici olamayacağı, ancak hava içerisindeki karbondioksit oranının hava kalitesinin belirlenmesinde bir etken olduğu ortaya konulmuştur [Pettenkofer, 1858]. 1895 yılında ASHVE (Amerikan Isıtma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği) kişi başına düşen taze hava miktarını, 15 L/s olarak açıklamıştır. Daha sonra ASHRAE olarak değişecek olan ASHVE, bu saptamayla iç mekan hava kalitesi ile ilgili standartları ilk kez belirleyen kuruluşlardandır. 1914'te bu standartlar ilan edilmiş, 1922 bina yönetmeliklerinde de bu oran kabul görmüştür [ASHRAE, 2001].

İç hava kalitesi için yapılan çalışmalar 1970’li yıllardan sonra hız kazanmıştır. 1970’te petrol krizine kadar, enerji kaynaklarında kısıtlamalar olmadığından dolayı, iç ortam hava kirliliği hakkında somut bir sorun ortaya çıkmamıştı. Ancak 1970’lerdeki petrol krizi nedeniyle küresel ölçekte enerji kısıtlamaları gündeme gelmiştir. Bu kısıtlamalara bağlı olarak yapılarda havalandırma sistemlerinin kullanılması azaltılmış, bunun yanı sıra doğal havalandırmaya olanak vermeyen sızdırmaz cephe anlayışı ile kapalı ortamlarda, taze hava ihtiyacı karşılanamaz hale gelmiştir. 1980’li yıllarda iç hava kalitesinin istenilen düzeyde olmaması nedeniyle ortaya çıkan sağlık sorunları, çalışma alanlarında sağlıksız iç hava ortamlarına bağlı olarak verim düşmesi, çevre sorunlarıyla birlikte sürdürülebilirlik kavramının gelişimi ve hız kazanması sonucunda iç hava kalitesi alanında da ulusal ve uluslararası ölçekte çalışmalar ivme kazanmıştır. Bu bağlamda bu standartlar için önemli bir temel olan ASHRAE-62 standardı ve diğer yasal düzenlemeler geliştirilmiştir. Bu standartlarda iç hava kalitesi tanımlanmış, kişi başına düşen temiz hava miktarı, karbon oranları saptanmış, çeşitli ortam ve yapılarda hava kalitesi için sınır değerler belirlenmiştir. Yapı tasarımlarında ve iç hava kalitesi ölçümlerinde konfor koşulları sağlanması açısından bu eşik değerler baz alınmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar, bu bölümde ele alınmıştır.

2.4.1. Uluslararası Standartlar

- **ASHRAE**

1970’li yıllarda petrol krizine paralel olarak, iç hava kalitesi ile ilgili ilk defa ASHRAE-62 standardı yayımlandı. 1973’te yayımlanan bu standarda göre kişi başına düşen taze hava miktarı 5 L/s olarak belirlendi. Daha sonra bu standartta, 1981 yılında sigara içen ve içmeyen olarak iki ayrı grup için, taze hava miktarı oranları tanımlandı. Bu oranlar, sigara içen kişi için 10 L/s, sigara içmeyen kişi için 2,5 L/s’dir. Bu oranlara göre, sigara kullanan kişilerin, ortamdaki taze hava ihtiyacını artırdığı, buna bağlı olarak da havalandırma maliyetleri ve enerji kaynaklarının tüketiminde yükselmenin meydana geldiği saptanmıştır. 1989 yılında yapılan bir diğer değişiklikle mekanlara göre taze hava ihtiyacı; sigara odalarında 30 L/s, normal ortamlarda 7,5 L/s olarak tespit edilmiştir. 2001 yılında, 1982 yılındaki değerler baz

alınarak bazı mekanlar için belirlenen taze hava miktarı şu şekildedir [ASHRAE, 2001], (Tablo 2.21):

Tablo 2.21: İç hava kalitesi için ASHRAE-62 standart değerleri.

Mekanlar	Taze Hava Miktarı	İnsan Yoğunluğu
Sigara içilmeyen ofisler	10 L/s	7 kişi
Lobi, resepsiyon alanlarında	7,5 L/s	30 kişi
Bar, sigara odası vb. ortamlarda	30 L/s	70 kişi
Sınıflarda	7,5 L/s	50 kişi
Laboratuarlarda	10 L/s	30 kişi

ASHRAE 62 standardı ile ilgili, 2003, 2007 ve son olarak 2010 yılında değişiklikler yapılmıştır. Bu değişiklikler ile ASHRAE-62 standardına göre mekanlarda, insan yoğunluğuna bağlı olarak ortalama taze hava için sınır değerleri belirlenmiştir. Ayrıca hava içerisinde bulunan ortam kirleticilerinin, oranları tespit edilerek, eşik değerinden fazla olan sayısal değerlere sahip ortamlar, sağlıksız olarak tanımlanmıştır. Ortam kalitesinin sağlanması için, asgari şartın kullanıcıların % 80'inin hava kalitesinden memnun olma hali olduğu belirtilmiştir. Bu standartta belirlenen değerlere göre, yapı ve sistem tasarımları yapılmakta, ortam kirleticileri için tedbirler alınmaktadır [Bulgurcu, 2015]. Örneğin; HVAC sistemlerinin tasarımında, bu sınır değerler baz alınmakta, klimanın ortama vereceği taze hava miktarı da buna göre ayarlanmaktadır. Bu bilgidен hareketle klima gibi mekanik sistemlerde ortama verilecek taze havanın, ihtiyacın çok üzerinde olması (standartlardaki değerlerin üzerinde olması), enerji tüketimi ve maliyet harcamalarının artması neden olurken, ihtiyaçtan az olması (ortalama değerinin altında olması) da iç hava kalitesinin bozulmasına ve sağlıksız ortamların oluşmasına neden olmaktadır [Çilingiroğlu, 2010]. Bu nedenle standartlardaki sınır değerlerine göre, işlem yapılması önemlidir. İç hava kalitesi ölçümlerinde de ASHRAE-62 standardına göre belirlenen dış ve iç hava miktarlarına paralel olarak saptamalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan ASHRAE-62 standartlarındaki sınır değerleri ve tablolar şu şekildedir [ASHRAE, 2001], (Tablo 2.22), (Tablo 2.23):

Tablo 2.22: Farklı işlevdeki mekanlar için, ısıtma-soğutma eşik değerleri.

Yapı Tipi	Aktivite Düzeyi (met)	IHK Kategorisi	Etken Sıcaklık (°C)		En Yüksek Ort. Hava Akış Hızı (m/sn)		Ses Basıncı [dB(A)]	Havalandırma Debisi (l/s.m ²)	
			Soğutma Mevsimi	Isıtma Mevsimi	Soğutma Mevsimi	Isıtma Mevsimi		Sigara İçilmeyen Ortam	Sigara İçilen Ortam
Tek Ofis	0,1	A	24,5610	22,0610	0,18	0,15	30	2,0	-
			35	1,4	-				
Manzaralı Ofis	1,2	B	24,5615	22,0620	0,22	0,18	40	0,8	-
			35	1,7	0,7				
		C	24,5625	22,0630	0,25	0,21	40	1,2	0,5
			45	0,7	0,3				
Konferans Salonu	1,2	A	24,5610	22,0610	0,18	0,15	30	6,0	5,0
		B	24,5615	22,0620	0,22	0,18	35	4,2	3,6
		C	24,5625	22,0630	0,25	0,21	40	2,4	2,0
Toplantı Salonu	1,2	A	24,5610	22,0610	0,18	0,15	30	16	-
		B	24,5615	22,0620	0,22	0,18	33	11,2	-
		C	24,5625	22,0630	0,25	0,21	35	6,4	-
Sınıf	1,2	A	24,5600	22,0610	0,18	0,15	30	6,0	-
		B	24,5615	22,0620	0,22	0,18	35	4,2	-
		C	24,5625	22,0630	0,25	0,21	40	2,4	-
Ana Okulu	1,4	A	24,5610	22,0610	0,16	0,13	30	7,1	-
		B	24,5620	22,0625	0,20	0,16	40	4,9	-
		C	24,5625	22,0635	0,24	0,20	45	2,8	-
Kafeterya Restoran	1,2	A	24,5610	22,0610	0,18	0,15	35	8,0	-
		B	24,5620	22,0625	0,22	0,18	45	5,6	5,0
		C	24,5625	22,0635	0,25	0,21	50	3,2	2,8

Tablo 2.23: ASHRAE standartlarında iç hava ortamına göre tedbirler.

Hava Sınıfı	Açıklama	Hava Sınıfı Durumuna Göre İç Havanın Kullanım Önlemleri
1.Sınıf	Kirlilik seviyesi çok az ve zararsız koku bulunduran ortam havası	Herhangi bir önlem gerektirmez.
2.Sınıf	Az miktarda partikül madde ve koku bulunduran ortam havası	İsteğe bağlı olarak herhangi bir önlem gerekmemeyebilir.
3.Sınıf	Etkili miktarda partikül madde ve koku bulunduran ortam havası	Önlem gerekmeden kendi ortamında kullanılabilir. Sirküle edilebilir.
4.Sınıf	Tehlikeli miktarda partikül madde, gaz ve biyoaerosol bulunduran kirli hava	Kesinlikle kullanılmamalı, ortamdaki hava başka bir yere sirküle edilmemelidir.

- Avrupa Birliği Standartları (EN)

Ulusal ölçekteki standartlar arasındaki farkları bir temele oturtarak, uluslararası ölçekte standartlar arasında uyum sağlanmasını amaçlar. EN standartları, Avrupa Birliği ile uyumlaştırılmış standartları kapsar. Bu standartlar Avrupa Standartlar Komitesi (CEN) tarafından hazırlanmaktadır [Özdamar, 2017]. Avrupa Standart Komitesi ve Avrupa Elektronik Standartlar Komitesi (CENELEC), Avrupa Birliği (AB)'nin iki standart komitesini oluşturmaktadır. 2012 yılından beri 27 Avrupa Birliği üyesi ülkeler, 3 Avrupa Birliği Serbest Ticaret Birliği ülkeleri (İzlanda, Norveç, İsviçre), ile Avrupa Birliğine girmeye aday bazı ülkeler; CEN ve CENELEC kuruluşlarına üyedir. TSE'de 2008 yılının Ocak ayında, bu kuruluşlara katılımcı üye olmuştur. 1 Ocak 2012 itibariyle de tam üyelik statüsünü kazanmıştır. TS standartlarında, EN standartları baz alınarak uyumlaştırılan standartlar TS EN şeklinde sembolize edilmektedir. TS standartlarının EN standartlarına göre uyumlaştırılması ifade eden bu sembol, Türkiye'deki teknik yönetmeliklerin AB teknik şartnameleri ile uyumlu olduğunu gösterme de kullanılmaktadır. [Web 16, 2019]. EN13779 standardı, konut dışı binalarda; iklimlendirme ve havalandırma şartlarını kapsayan bir Avrupa Standardıdır. Bu standart, havalandırma sistemlerinde, bina içerisindeki ve dışarısındaki faktörlerden hangilerinin ele alınması gerektiğini belirlemektedir. EN13779, ortamdaki hava değişim oranları ve filtrasyon standartlarını ile ilgili yönergeleri kapsar. EN13779, havadaki partikül madde ve gaz oranlarını tespit ederek dış hava kalitesini üç grup halinde sınıflandırır. Bu standartta, partikül madde konsantrasyonları, PM_{2,5} (2,5 mikrona kadar partikül madde) ve PM₁₀ (10 mikrona kadar partikül madde) arasında kategorize edilmiştir. UOB (uçucu organik bileşik), karbon monoksit, kükürt dioksit, azot oksit gibi iç hava içerisindeki kirlenici maddelerin oranları için eşik değerler de, EN 13779'da saptanmıştır. Bu sınıflandırmalar ve sınır değerler Tablo 2.24 ve Tablo 2.25'de verilmiştir [EN, 2004]:

Tablo 2.24: EN 13779 standartlarına göre iç hava kalitesinin sınıflandırılması.

Kategori	Açıklama	CO ₂ Düzeyi (ppm)	Dış Hava (m ³ /s/kişi)
IHK 1 (İç Hava Kalitesi)	Yüksek iç hava kalitesi	< 400	>54
IHK 2	Orta derecede iç hava kalitesi	400-1000	22-54
IHK 3	Düşük iç hava kalitesi	>1000	<22

Tablo 2.25: Kirliliğe göre dış hava koşullarının sınıflandırılması (EN 13779).

Kategori	Açıklama	Konum
DHK 1 (Dış Hava Kalitesi)	Sadece geçici olarak toz, partikül içeren saf hava	Kırsal alanlar ve seyrek nüfuslu köyler
DHK 2	Yüksek konsantrasyonlarda partikül madde ve/veya gaz kirletici içeren dış hava	Sanayinin bulunduğu küçük ilçeler ve Kirlenmiş havaya sahip şehir merkezleri
DHK 3	Çok yüksek konsantrasyonlarda partikül madde ve/veya gaz kirletici içeren hava	Endüstrileşmiş büyük şehirler

- ISO (International Organization for Standardization)

23 Şubat 1947'de kurulan uluslararası bir standart kuruluşudur [Özdamar, 2017]. Kuruluş ilk standardını 1987'de yayınlamıştır, ayrıca ürün, hizmet ve işlemlerin amaçlarına uygun olarak gerçekleştirilebilmesinde; kullanılacak yönerge, teknik ve tasarımlar için belgeler oluşturmaktadır. Günümüzde 179'dan fazla üyeye sahip ISO standardı, 1947'de 135 ulusal standart kuruluşunun katılımıyla kurulmuştur. ISO'da uluslararası standartlar, teknik komiteler tarafından hazırlanmaktadır. Teknik komiteler tarafından hazırlanan ve kabul edilen uluslararası standartların taslağı, üye kuruluşlara gönderilmektedir. Taslağın standart olarak yayımlanması için üye kuruluşların % 75'inin taslağı onaylaması gerekmektedir. % 75 ve üzerinde bir oranla kabul edilen taslaklar uluslararası standart olarak yayımlanmaktadır [Web 17, 2019].

ISO'nun hava kalitesi ile ilgili ilk taslağı 1994'te yayınlanan ISO 4225'tir. Bu standart, hava kalitesi ile ilgili genel tanımlar, sağlıklı ürünler ve güvenlik konularını kapsayan bir içeriğe sahiptir. Daha sonra ISO 4226, ISO 7168, ISO 7708, ISO 8756, ISO 9169, ISO 11222, ISO 11665-1 gibi hava kalitesi ile ilgili, farklı tarihlerde gelişen teknoloji ve bilgilere göre, birçok standart yayınlanmıştır. İç hava kalitesi için hazırlanan önemli standartlardan birisi, ISO 16814'tür [ISO, 2008]. Bu belgede binaların ısıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin tasarımı için bilgiler yer almaktadır. Bu standart İHK (İç hava kalitesi)'ni tanımlayarak iyi bir İHK'ne ulaşma hedefini, sistem tasarım süreçlerine dahil etme yöntemlerini kapsamaktadır. Bu yöntemlerin amacı, iç ortam kirleticilerini, mevcut hava ortamı koşullarında, kullanıcı sağlığına zarar vermeyecek konsantrasyon düzeyine indirmek ve bu oranları sağlık açısından kontrol etmektir. Bu standart, İHK ve havalandırma için göz önüne

alınan bütün kirleticilerin (UOB ve formaldehit gibi organik maddeler, çevresel tütün dumanı, radon, ozon, karbon monoksit gibi inorganik gazlar, bakteri ve mantar gibi mikroorganizmalar, tozlar ve lif parçacıklar) kontrol edilmesi gibi konulara dair bilgiler içermektedir [ISO,2008].

2.4.2. Ulusal Standartlar

1960 yılında 132 sayılı kanunla kurulan Türk Standartları Enstitüsü (TSE), ülkemizde ürün, hizmet ve işlemler için teknik yönergeleri hazırlamaktan sorumlu olan kuruluştur. TSE tarafından hazırlanan Türk Standartları TS sembolü ile yayınlanmaktadır. Ayrıca TS hazırlanmasında baz alınan EN veya ISO standartlarını kapsayan standartlarda, TS EN, TS EN ISO sembolleriyle yayınlanmaktadır [Özdamar, 2017]. TSE çevre havası, hava kalitesi, ofis ortamlarındaki hava koşulları, sabit kaynak emisyonları, iç mekan havası, sera gazları, karbondioksit, karbon monoksit, azot dioksit, ETS gibi kirleticilerin ortam içerisindeki oranlarının tayini gibi birçok konuda çalışmalar yapmış, standartlar yayınlamıştır. TSE'nin iç hava kalitesi ile ilgili düzenlediği bazı standartlar; havadaki mikroorganizmaların ölçümleri, difüzyon ile numune alma, UOB'lerden numune alma, formaldehit bileşiklerinin tayini, CO₂ için numune alma stratejisi gibi konuları içermektedir. Bu standartlar Tablo 2.26'da verilmiştir [TS, 2019]:

Tablo 2.26: TS'da iç hava kalitesi ile ilgili düzenlemeler.

İÇ HAVA KALİTESİ İLE İLGİLİ BAZI STANDARTLAR	İÇERİK
TS EN 13098- İş yeri havası	Havadaki mikroorganizmalar ve endotojsin ölçümleri kılavuzu
TS EN 689- İş yeri havası	Solunumla maruz kalınan kimyasal maddelerin sınır değerler ile karşılaştırılması ve ölçme stratejisinin değerlendirilmesi için kılavuz
TS ISO 16200-1- İşyeri hava kalitesi	Uçucu organik bileşiklerden numune alma ve çözücü desorpsiyonu/ gaz kromatografisiyle analiz- pompa ile numune alma
TS ISO 16200-2- İşyeri hava kalitesi	Difüzyon ile numune alma

Tablo 2.26: Devam.

İÇ HAVA KALİTESİ İLE İLGİLİ BAZI STANDARTLAR	İÇERİK
TS EN ISO 12894- Isıl ortam ergonomisi	Fiziksel büyüklükleri ölçme aletleri
TS EN ISO 7726- Isıl ortam ergonomisi	Öznel karar ölçüleri kullanarak ısı ortam erkisinin değerlendirilmesi
TS EN ISO 12894- Isıl ortam ergonomisi	Aşırı sıcak ve aşırı soğuk ortamlara bireysel olarak maruz kamlanın tıbbi denetimi
TS EN 13528-1- Ortam hava kalitesi	Gazların ve buharların derişimlerinin tayini için difüzyonla numune alma cihazları, gerekler ve deney metotları,
TS ISO 6768- Ortam havası	Azot dioksitin kütle derişiminin tayini, Geliştirilmiş griess- Saltzman metodu
TS ISO 10473- Ortam havası	Bir filtrede toplanan tanecikli madde kültesinin ölçülmesi, Beta ışını absorpsiyon yöntemi
TS ISO 15593- Ortamdaki tütün dumanı	Dumanın solunabilir asil taneciklere katkısının değerlendirilmesi, ultraviyole absorbans ve floreasans yöntemiyle tanecikli maddelerin tayini
TS EN ISO 16000- İç mekan havası	Yapı malzemelerinden ve mobilyalardan uçucu organik bileşik emisyonlarının tayini,
TS EN ISO 20988- Hava kalitesi	Ölçme belirsizliğinin tahmini için kılavuz
TS EN 15267-3- Hava kalitesi	Otomatik ölçme sistemlerinin belgelendirilmesi, Emisyonları izlemede kullanılan otomatik ölçme sistemleri için performans kriteri ve deney işlemleri
TS EN ISO 13138- Hava kalitesi	İnsan solunum sisteminde biriken hava kaynaklı partiküllerden numune alma usulleri
TS EN ISO 16000-26- İç mekan havası	Karbondioksit (CO ₂) için numune alma stratejisi
TS EN 14625 Ortam hava TS EN 14626 kalitesi	Karbon monoksit derişiminin dalga boyu ayırmaz infrared spektroskopisi yoluyla tayini için ölçme metotları

Tablo 2.26: Devam.

İÇ HAVA KALİTESİ İLE İLGİLİ BAZI STANDARTLAR	İÇERİK
TS EN 14212- Ortam hava kalitesi	Kükürt dioksit derişiminin ultraviyole floresans yoluyla tayini için standart ölçme metodu
TS EN 14211- Ortam hava kalitesi	Azot dioksit ve azot monoksit derişimlerinin kimyasal kemiluminesans yoluyla tayini için standart ölçme metodu
TS EN 16253- Hava kalitesi	Difereansiyel optik absorpsiyon spektroskopisi ile yüzeye yakın atmosferik ölçümler
TS EN 16402- Boyalar ve vernikler	Bina içi havaya maruz kaplamalardan madde yayılımının değerlendirilmesi, numune alma, şartlandırma ve deney
TS EN 12341- Ortam havası	Askıdaki tanecikli maddenin PM10 ve PM2,5 kütle derişimlerinin tayini için standart gravimetrik ölçme yöntemi
TS ISO 16000-3- İç mekan havası	Formandehit ve diğer karbonil bileşiklerinin tayini
TS CEN/ TS 16868- Ortam havası	Alerji ağları için havadaki polen taneleri ve mantar sporlarından numune alma ve analiz
TS EN 16841- Ortam havası	Alan muayenesi kullanılarak ortam havasındaki kokunun belirlenmesi

TSE'nin iç hava kalitesi ile ilgili çalışmalarının yanı sıra ülkemizde İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi, Devlet İstatistik Enstitüsü gibi kurumlarda İHK için çalışmalar yapmaktadır. Sağlık Bakanlığı'na bağlı Refik Saydam Hıfzıssıhha Enstitüsü, Türkiye'deki kentsel hava kirliliği konusunda ölçümler yaparken, SO₂ ve partikül madde gibi kirleticilerin bu kuruluş tarafından tespit edilen oranları, DİE (Devlet İstatistik Kurumu) tarafından kamuoyu ile paylaşılmaktadır [Özdamar, 2017]. Türkiye genelinde kirletici maddeler ile ilgili yapılan bu ölçümler EMEP (Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Pollutants in Europe) ölçüm programı çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda SO₂, NO₂, O₃ ölçümleri Ankara, İzmir, Kırklareli gibi illerde düzenli periyotlarla yapılmaktadır. [Web 18, 2019].

3. YAPI MALZEMELERİNİN İÇ MEKAN HAVA KALİTESİNE ETKİSİ

Yapı malzemeleri, yapıların inşa edilmesi, bakımı, onarımı ve yıkımı aşamalarında, iç mekan hava kalitesini etkilemektedir. Yapı malzemelerinin; yapının kullanımı sırasında emisyon yayması, bozulmaya uğradığında toz, parçacık oluşturması, fiziksel özellikleri (lifli yapıda olması) nedeniyle partikül madde oluşturması gibi durumlarda iç mekan hava kalitesi bozulmaktadır.

Yapı malzemelerinin içeriğinde, iç hava kirleticilerinden formaldehit, uçucu organik bileşik, radon, kurşun ve asbest gibi zararlı bileşenlerin bulunması, bu kimyasalların, standartlarda belirlenen değerlerden fazla olarak iç ortamda yayılması, iç mekan hava kalitesinin bozulmasının temel nedenidir. Bunun yanı sıra, malzemeler zararlı bileşik içermese bile, yapı ürününün; iç ortamda toz tutan nitelikte olması, kullanım süresi sonunda bozulmaya uğraması nedeniyle toz, parçacık oluşturması da iç hava kirliliğine neden olmaktadır. Alptekin ve Çelebi'nin toz partiküllerin, iç hava kalitesi üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, Dumlupınar Üniversitesi'nin rektörlük, Sarı Konak, İİBF (İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi) ve merkezi kafeterya binalarında, iç hava ile ilgili ölçümler yapılmış, yapı malzemelerinin bu ölçümlere etkileri ortaya konulmuştur. Bu yapılardan Sarı Konak, tarihi bir yapıdır, bu binanın; tavan ve döşemelerinde ahşap malzeme, duvarda ise alçı sıva üzeri boya kullanılmıştır. Rektörlük, İİBF binası ve kafeterya yeni yapılmış binalardandır. Rektörlük binasının bodrum katında döşeme olarak beton şap, diğer katlarda granit kullanılmış, tüm katlarda tavan ve duvar malzemesi olarak alçı sıva üzerine boya kullanılmıştır. İİBF ve kafeterya birimlerinin tüm katlarındaki döşeme malzemesi mermer, tavan ve duvar malzemeleri ise yine alçı sıva üzeri boyadır. Bu binalarda yapılan toz ölçüm sonuçlarına göre, kapalı ortamlardaki partikül oranları ile dış ortamdaki partikül oranları arasında farklar olduğu, özellikle iç ortamlardaki hava kirliliğinin, dış hava kirliliğinden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yapılarda iç hava kalitesi ile ilgili yapılan ölçümler, SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) programı, Tukey Post Hoc testi gibi yazılımlarla ikili olarak analiz edilerek, karşılaştırılmıştır. Yeni binalar olan rektörlük, İİBF, kafeterya birimlerindeki iç hava kirliliği oranlarında; önemli bir fark ortaya çıkmazken, Sarı

Konakta elde edilen sonuçlar bu birimlere göre daha yüksek çıkmıştır [Alptekin ve Çelebi, 2007].

Makaledeki verilerde, Sarı Konak'ta kullanılan yapı malzemeleri ve donanımların diğer binalara göre, toz tutan ve yayan nitelikte olduğu ve buna bağlı olarak da bu yapıda iç hava kalitesinin daha sağlıksız olduğu belirtilmiştir. Tarihi yapıda, geleneksel ve doğal malzeme kullanıldığı için; iç hava kalitesinin daha nitelikli olması beklenirken, malzemenin aşınması, bozulması gibi etkenler nedeniyle birleşim detaylarında toz biriktirmesi; iç hava kalitesini olumsuz etkilemiştir. Bu yapı içerisindeki parçacık konsantrasyonlarının; standartlarda belirlenen eşik değerlerinden yüksek olduğu, verilerle ortaya konulmuştur. Bu yapılar arasında hava kalitesi açısından en sağlıklı bina olarak tanımlanan rektörlük binasındaki ölçümlere göre de, bu yapıda; daha az toz yayan veya partikül yayılımına neden olmayan malzemelerin seçilmesi, yapının havalandırılması gibi etkenlerle toz düzeyi daha düşük değerlerde çıkmıştır. Ancak, bodrum katında beton şap, diğer katlarında granit malzemenin kullanıldığı bu binada, bodrum kattaki toz konsantrasyonlarının, diğer katlara göre fazla olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, beton şapın kullanıma bağlı olarak aşınması, parçacık oluşturması, toz yayan nitelikte olması gibi etkenlerin bu kirliliği ortaya çıkardığı saptanmıştır [Alptekin ve Çelebi, 2007].

Bu veriler baz alındığında yapı malzemelerinin, içeriğinde kullanılan kimyasal katkılara bağlı olarak salınım oluşturmasının yanı sıra, malzemenin bozulması ile iç ortama toz yayması, yüzeyinde ve birleşim detaylarında toz biriktirmesi gibi durumlarda, iç hava kalitesi üzerinde önemli etkileri olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, yapı malzemelerinin iç hava kalitesine etkileri, içerisindeki katkı maddelerinin türüne, zararlı içeriğe sahip olup, olmasına, fiziksel ve biyolojik özelliklerine göre değişmektedir.

Yapı malzemeleri, saf haliyle kullanılmaları veya endüstride işlenerek dayanım, renk, tür açısından yeni özellikler kazanarak yapay haliyle kullanılmalarına göre, doğal ve yapay malzemeler olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Doğal malzemeler, geleneksel yapılarda da kullanılan doğal taş, ahşap, kerpiç gibi malzemelerdir. Yapay malzemeler ise, sanayide çeşitli kimyasallar ile işlenerek, dayanımı doğal malzemelere göre arttırılmış, istenilen tür, renk ve boyutlarda elde edilebilen malzemelerdir. Yapay malzemelerin içerisinde kullanılan katkıların, zararlı bileşik, solvent ve yapıştırıcı içermesinden dolayı, iç hava kalitesi üzerindeki etkisi, doğal malzemelere göre daha fazla olabilmektedir. Kullanıcılar açısından iç

mekan hava kalitesinin sağlanması için, kapalı mekanlara alınması gereken taze hava 30-60 m³/saattir, ancak doğal malzemelerin kullanıldığı yapılarda bu ihtiyaç 30 m³/saat olabilirken, yapay malzemelerle yapılan binalarda; bu değer 60 m³/saattir [Ersoy, 1994]. Bu nedenle, bu bölümde malzeme türlerine göre, yapı malzemelerinin iç hava kalitesindeki rolü ele alınmaktadır.

3.1. Malzeme Türlerine Göre Yapı Malzemelerinin İç Mekan Hava Kalitesindeki Rolü

Yapı malzemeleri, kullanıldıkları yere göre, kullanım amacına göre, üretim şekline göre, kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre farklı şekillerde gruplandırılabilirler. Yapı malzemeleri yapılarda kullanıldıkları yere göre; tavan, döşeme ve duvar malzemeleri olarak, üretim şekline göre; doğal ve yapay malzemeler olarak, fiziksel özelliklerine göre; homojen, heterojen, izotrop ve anizotrop malzemeler olarak, yüke maruz kaldığında aldığı şekle göre; elastik, plastik, elasto-plastik malzemeler olarak birçok farklı türde sınıflandırılmaktadır [Metin, 2017]. Yapı malzemeleri, kimyasal özelliklerine göre de doğal taşlar, metaller, kompozitler, pişmiş toprak malzemeler, ahşaplar, plastikler olarak kategorize edilmektedirler.

Yapı malzemelerinin iç hava kalitesine etkisi göz önüne alındığında, malzemenin üretim şekli ve üretimde kullanılan hammadde özellikleri önemli olmaktadır. UOB ve formaldehit gibi zararlı bileşiklerin, malzemenin üretiminde kullanılması halinde, iç hava kalitesi açısından malzeme, zararlı hale getirmekte ve sağlıksız hava ortamlarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu yüzden, malzemenin üretim şekli, üretimi sırasında içeriğinde kullanılan katkıları, sağlıklı malzeme seçiminde dikkate alınmalıdır. Ayrıca doğal kayalardan üretilen malzemelerde, uranyum, radyum elementlerini içeren kayaların, gama ışınlarına maruz kalmasıyla iç hava ortamında radon kirliliği meydana gelmektedir. Bu sebeple, uranyum, radyum elementlerine sahip kayalardan elde edilen taş ve toprak malzemelerin, radon katsayıları hesaplanması önemlidir. Dolayısıyla, malzemenin üretildiği hammaddenin içeriği de iç mekan hava kalitesi üzerinde etkili olmaktadır.

Yapı malzemelerinde; hammaddenin türü, içerisinde kullanılan katkıları nedeniyle salınımların ortaya çıkması, ürünün toz tutarak, partikül yayan özellikte

olması, kullanım sırasında malzemenin dayanımının düşük olmasından dolayı bozulmaya uğraması sonucunda toz, parçacık oluşturarak kirlilik meydana getirmesi gibi durumlar iç mekan hava kalitesi açısından göz önüne alınması gereken faktörlerdir. Hammaddenin doğadan elde edilmesinden, malzemenin üretimi, bakımı ve onarımı, atık haline gelmesi gibi tüm yaşam döngüsünde, ürünün kazandığı veya bozulmaya uğradığı tüm özellikleri, iç hava kalitesini etkilemektedir. İHK için malzemelerin yaşam döngüsündeki en önemli aşama kullanım evresidir. Yapıların kullanımı sırasında yayılan emisyonlardan kaynaklı olarak konfor koşullarının sağlanamadığı kapalı mekanlar, kullanıcılarda bina ile ilişkili hastalıkları oluşmasına neden olmaktadır. Bu emisyonlar, malzemenin türüne göre, yeni veya eski olmasına göre, malzemenin içerisindeki zararlı içeriğin yoğunluğuna göre artmakta veya azalmaktadır. Örneğin; yeni inşa edilen yapıdaki emisyon oranı, yapı kullanılmaya başladıktan 1-2 sene sonra veya birkaç ay sonra azalabilmektedir. Bu nedenle malzemelerin iç hava kalitesine etkisi, malzemelerin türlerine göre ayrı ayrı ele alınmıştır.

3.1.1. Doğal Taş Malzemeler

İlk çağlarda kaynağından çıkarılan doğal taşlar, yontulup, şekillendirilerek yapılarda kullanılmakta, doğal harçlar ile birleştirilmekteydi. Kaynağına özgü olarak çıkarılan yerel taş malzemelerden inşa edilen yapılar, bölgelerin yerel anlayışını yansıtarak, özgün mimarinin ve yapı özelliklerinin ortaya çıkmasına da katkı sağlamıştır. Taş evler, iç hava ikliminin yazın serin, kışın sıcak olmasına olanak tanırken, aynı zamanda her yörede farklı, geleneksel özgün taş yapılar inşa edilmiştir. Geleneksel taş malzeme, bölgedeki yerel malzemenin; doğal taş olması, sıcak iklimler için uygun bir malzeme olması gibi özellikleri ile ilk çağlardan günümüze kadar kullanılmıştır.

Bu malzemenin geçmişten bugüne kadar kullanım olanakları da teknolojinin gelişmesine bağlı olarak artmış ve çeşitlenmiştir. Gelişen teknoloji ile istenilen boyut, renk, şekil ve türlerde elde edilebilen taş malzemeler günümüzde duvar için ana malzeme olarak kullanılmanın yanı sıra kaplama malzemesi olarak da yaygın olarak tercih edilmektedir. Geleneksel yapılarda taşları yontmak ve şekillendirmek için olanakların yetersiz kalması gibi etkenlerden dolayı taşlar kalın boyutlarda

kullanılmaktaydı. Günümüzde kaplama malzemesi olarak kullanılan bu malzeme, kaynak etkinliğini sağlamak ve malzemelerin hammadde tüketimini azaltmak için daha az kalınlıkta boyutlandırılarak levhalar halinde, metal veya fiber takviyeli destek üzerine, birleşim detayları veya yapııştırma yoluyla monte edilmektedir.

Kumtaşı, kireçtaşı, traverten ve oniksten elde edilen bu malzemelerden mermer, granit gibi ürünler üretilmektedir. Özellikle madenden çıkarılması sürecinde zorluk bulunan bu maddeler, dinamit ile kaynağın patlatılması veya bazı el aletleri ile madenden çıkarıldıktan sonra, yerinde işlenip, yontularak veya mermer, granit fabrikalarında kullanmak üzere gerekli tesislere taşınarak, bu tesislerde kesilip, şekillendirilerek istenilen türlerde yapı malzemesi haline getirilmektedirler.

Bazen yüzeyleri düzeltilerek ve parlatılarak, bazen de yüzeyleri parlatılmaksızın, özel uygulamalarla pürüzlü hale getirilerek veya doğal halleriyle kullanılan doğal taş malzemeler, duvar, döşeme veya tavanlarda; ana malzeme olarak, merdivenlerde kaplama malzemesi olarak, mutfak tezgahlarında veya iç mekanda dekoratif malzeme olarak tercih edilmektedir. Ayrıca küçük parçalara ayrılan taşlar, yer karolarında hammadde veya betonların agregalarında katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Mermer tozları gibi küçük zerreler ise boya sanayinde kullanılan katkılardandır.

Bu malzemeler doğal halleri ile şekillendirilip, boyutlandırılarak kullanıldığında iç hava kalitesini olumsuz etkilemez, uçucu organik bileşik veya formaldehit içermezler. Örneğin; mermer sağlıklı olarak bilinen taş malzemelerden birisidir. Ancak bu malzemelerin fabrikalarda işlem görmesi sırasında, malzemeye koruyucu gibi kimyasal içerikli katkıların uygulanması, İHK açısından olumsuz etkiler oluşturabilir [Kokulu, 2016].

Ancak, taş malzemelerin iç hava kalitesine etkisi, yüksek oranda ürünün fabrikada işlenmesinden ziyade hammadde olarak kullanılan kayacın, radon kirliliği oluşturmasıyla ilgilidir. Radyum, toryum, uranyum gibi elementlerin bozunmasıyla oluşan radon kirliliği, kayaçların çıkarıldığı ülkelerin ve kaynakların toprak özelliklerine bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu kayaçlardan üretilen, özellikle granit gibi malzemeler, kapalı ortamlarda radon gazı açığa çıkardıkları için insan sağlığı için risk oluşturmaktadır. Ayrıca doğal taş ürünlerinin radyoaktivite katsayıları yüksek olduğunda, kapalı ortamlarda nem ve sıcaklık oranını değiştirerek, iç hava kalitesini de etkilemektedirler [Kokulu, 2016] Bazı doğal ve yapay taş malzemelerinin, iç hava kalitesine etkisi şu şekildedir [Tuğlu, 2005], (Tablo 3.1):

Tablo 3.1: Doğal taşların iç hava kalitesine etkisi.

Doğal Taşlar	Yapısı ve Özellikleri	İçerdiği Kirleticiler	Yapı ve Mekan İçerisindeki Kullanımı	İnsan Sağlığına Etkileri
Mermer	Bileşiminde % 75'den fazla kalsiyum içerir.	Bilinen bir kirleticisi içermemektedir.	Döşeme ve merdiven kapması, beton agregası vb.	Kullanıcı sağlığı açısından belirlenmiş bir risk taşımamaktadır.
Kumtaşı	Kum taneciklerinin basınç altında kaynaşması ile meydana gelmektedir.	Düşük oranda radon gazı açığa çıkarır.	Bağlayıcı özelliklerine göre kullanılmaktadır.	İç hava kirliliğine bağlı olarak, alerji, solunum yolu rahatsızlıkları, uzun süre maruz kaldığında akciğer kanserine yol açmaktadır.
Granit	Kuvars, feldispat ve ağır bir maddeden üretilir.	Yüksek oranda radon gazı açığa çıkarır.	Döşeme, merdiven ve tezgah kaplaması vb.	Solunum yolu rahatsızlıkları, bronşit, karsinoma vb. rahatsızlıklar, akciğer kanseri

Doğal taşların iç hava kalitesine olumsuz etkilerini azaltmak için, olabildiğince malzemenin saf halinin korunması gerekmektedir. Yapay taş malzemelerde kullanılan koruyucu ürünlerde, kimyasal katkıların mümkün olduğunca az miktarlarda kullanılması önemlidir. Ayrıca ocaklardan çıkarılan hammaddeler, fabrikalarda işlenmeden önce, radyoaktivite oranlarını ölçmek amacıyla kayaçlar üzerinde bazı testler yapılmalı ve radon gazı açığa çıkarmayacak özellikteki maddeler daha çok tercih edilmelidir. Bunun yanı sıra, yapılarda, radyoaktivite oranları düşük taş malzemeler kullanılmalı, böylece iç mekanlarda radon kirliliğini azaltacak önlemler alınmalıdır.

3.1.2. Metaller

Metaller, madenlerden çıkarılan özün, sanayide işlenmesiyle ısı iletkenlik, dayanım, parlaklık gibi özellikler kazanan, genellikle homojen yapıda olan, inorganik esaslı, bakır, demir, çelik, alüminyum, çinko gibi mukavemeti yüksek yapı ürünleridir. Bu ürünler, sanayi devriminden sonra endüstriyel üretimle istenilen boyutlarda, kalınlıkta, esneklikte elde edilebilen ve kullanılan malzemelerdir.

Demir, çelik ve alüminyum gibi dayanıklı ve mukavemeti yüksek yapı malzemelerinin, inşaat sektöründe kullanılmaya başlaması, yeni yapı türlerinin

ortaya çıkmasında da etkili olmuştur. Taşıyıcı sistemlerde; betona alternatif malzeme olarak kullanılan metal esaslı malzemelerle, yüksek katlı yapı yapma imkanı ortaya çıkmıştır. Metaller, çatılarda; saç levhaları olarak, iskelet sistemde; taşıyıcı eleman olarak, stadyum gibi geniş açıklıklı yapılarda; örtüyü taşıyan ana madde veya bağlantı detayı olarak, betonarme sistemlerde; donatı olarak, yapıların cephelerinde; kaplama malzemelerinin monte edildiği destek olarak kullanılmaktadır.

Ekolojik tasarım kriterleri göz önüne alındığında metaller, üretimi için fazla enerji harcanan malzemelerdendir. Örneğin; alüminyumun üretiminde harcanan gömülü enerji miktarı, geri dönüşümünde harcanan enerji miktarından oldukça yüksektir. Metallerin, korozyona uğraması ve yangın durumunda hızlı erimesi gibi dezavantajları olsa da, geri dönüştürülme veya yeniden kullanılma potansiyeli yüksek malzemelerdir. Ayrıca mukavemetinin yüksek olması, hafif olması, geniş açıklıklı ve yüksek katlı yapılar için elverişli ürünler olmaları nedeniyle yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan malzemelerdendir. Bunun yanı sıra, bu ürünler fabrika da istenilen ebatlarda boyutlandırıldığı için hem hammaddenin etkin bir şekilde zayi olmadan kullanımı sağlanmakta, hem de prefabrikasyon yöntemiyle malzeme, yapı yerine aktarılarak yapılar kısa sürede tamamlanabilmektedir. Metaller korozyona uğrayarak oksitlendiklerinde veya bozunmaya uğradıklarında ise, değiştirilmesi gereken parça, birleşim detayları ile monte edilmişse bu malzemenin bakım ve onarımı, betonarme bir duvarın bakım ve onarımına göre, açık ve şeffaf katmanlı olduğu için daha kolay olmaktadır.

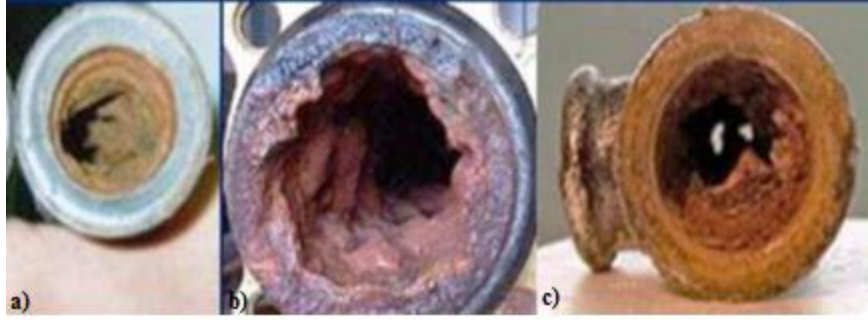
Metallerin iç mekan hava kalitesi üzerindeki etkisi, kurşun gibi ağır metal elementlerin yapı malzemelerinde kullanılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Kurşunun gerekenden fazla kullanıldığı su boruları veya asbestli tesisat boruları, yapılarda iç hava kirliliği oluşturmaktadır. Ağır metallerin, kurşun, kadmiyum, arsenik ve cıvanın kullanıldığı malzemelerin, kullanıcı sağlığını olumsuz etkilediği de bilinmektedir. Özellikle tesisat boruları ile aktarılan şebeke suyu ile insan vücuduna alınan bu metallerin insan vücudundan atılması uzun zaman almakta, bu durumun etkileri uzun süreçler sonunda anlaşılmaktadır. İç mekan hava kirleticilerinden bölümünde de ele alınan bu konu, yapılarda kullanıcı konforunu da etkileyen bir durumdur. Metallerin insan sağlığı üzerindeki etkileri Tablo 3.2'de verilmiştir [Kokulu, 2016].

Tablo 3.2: Metallerin insan sağlığına etkileri.

METALLER	Bulunduğu yer	İnsan sağlığına etkisi
Kurşun	Piller, lehim, pigmentler, boya, seramik sır, saç boyası, balıkçılık ekipmanları, kurşunlu benzin, madencilik, sıhhi tesisat, kömür yanması, su boruları.	Nörolojik hasar, IQ ve dikkati düşürme, el - göz koordinasyonunda bozuluk, ensefalopati (beyin dokusunda hasar), kemik bozulması, hipertansiyon, böbrek hastalıkları
Kadmiyum	Çinko eritme, maden atıkları, yanan kömür ya da kadmiyum içeren çöp, şarj edilebilir pil, pigmentler, televizyonlar, güneş pilleri, çelik, fosfat gübre, metal kaplama, su boruları, kanalizasyon çamuru.	Karaciğer ve böbrek hasarı, düşük kemik yoğunluğu (itai- itai hastalığı) kanserojen (solunum yoluyla)
Arsenik	Pestisit, altın, kurşun, bakır, nikel, demir ve çelik madenleri ve bunların işlenmesi; kömür yanması, ahşap koruyucular, ilaç ve cam sanayi, deri koruyucular, pigmentler, tarım ilaçları, zehirli boyalar, elektronik sanayi	Kronik arsenik zehirlenmesi, deri, kalp, karaciğer ve nörolojik tahribatlar, diyabet, kemik iliği ve kan hastalıkları, kalp - damar hastalıkları, kanser, düşük, ölü doğum ve erken doğum riski.

Kurşun gibi metaller ayrıca boya, vernik endüstrisinde, ahşap koruyucularda, PVC, çatı levhalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Kurşun esaslı boya ve vernik gibi malzemelerin iç mekanlarda kullanılmasına bağlı olarak, kapalı ortamlarda oluşan kurşun kirliliği ile iç mekan hava kalitesi bozulmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklarda buharlaşan ağır metal partikülleri de hava ortamına karışarak insan sağlığını tehdit etmektedir. Metallerin sanayide işlenmesi sırasında da, pirinç, krom kaplamalarının üretiminde zararlı gazlar açığa çıkmakta, böylece sanayideki kapalı mekanlarda, iç hava ortamı kirlenmekte ve çalışanlar için olumsuz etkiler meydana gelmektedir [Sev, 2009].

Metal malzemelerin tesisat borularında kullanılan türlerinde, korozyona bağlı oksitlenme oluşmakta, ayrıca tesisat amaçlı kullanılan plastik ve metal borularda da bakteri, mantar oluşumuna bağlı olarak mikrobiyolojik korozyon olarak adlandırılan biyofilm oluşumu meydana gelmektedir (Şekil 3.1). Bu kirlilik nedeniyle bakteri ve mantar gibi mikroorganizmalar, biyofilm tabakasının içerisine yerleşerek insan sağlığı ve iç hava ortamı için risk oluşturmaktadır [Doğruöz vd., 2008].



Şekil 3.1: a) Biyofilmin tesisat borusunda birikmesi, b) Biyofilmin katmanlaşması
c) Biyofilm korozyonu.

Sülfatı indirgeyen ve kükürtü oksitleyen bakteriler, demiri oksitleyen ve indirgeyen bakteriler, mikrobiyolojik korozyonun başlıca etkenleridir. Biyofilm oluşumu, iklimlendirme sistem ekipmanları, tesisat boruları, sıcak ve soğuk su tankları, hava ısıtıcıları ve su kulelerinde meydana gelerek lejyoner hastalığı gibi hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır [Gürel, 2018]. Metal ve plastik tesisat malzemelerinde oluşan bu kirleticiler HVAC sistemleri ile hava ortamına da karışarak iç hava kalitesini bozmakta, insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir.

İç mekanlarda kurşun ve diğer ağır metallerin kirliliğini önlemek için ağır metalleri içeren boyaların ve malzemelerin özellikle çocukların oyun alanları, odalarında, yapılarda kullanılmaması, metal malzemelerin kullanıldığı kapalı mekanların yeterince havalandırılması gerekmektedir. Metallerin sanayide üretimi nedeniyle, dış havada oluşan metal partiküllerin havalandırma yoluyla kapalı mekanlara alınmasını engellemek için de, sanayi kuruluşların filtre kullanmaları, iç ve dış hava kalitesi için yararlı olacaktır.

3.1.3. Doğal Ahşap

Ahşap, doğal, hızlı yenilenebilir, sürdürülebilir yapı malzemesidir. Ahşap malzeme ilk çağlardan beri yapılarda duvar, döşeme, çatı elemanı ve taşıyıcı sistem elemanı olarak kullanılmaktadır. Özellikle yerel kaynaklardan elde edildiği bölgelerde yerel bir malzeme olması, hızlı yenilenebilir olması, hammaddeden malzemeye dönüştürülmesi sürecinde kesim işlemleri gibi kolay yöntemlerle elde edilebilir olması nedeniyle yapılarda çok kullanılan ve tercih edilen malzemeler arasında yer almıştır. Ahşap, doğal kaynaklı, yeniden kullanılabilir, atık

oluşturmayan, biyo bozunur olarak doğada geri dönüşebilen, negatif karbon ayak izine sahip yapı malzemesidir.

Ahşap malzeme, küresel ısınma, karbon emisyonu, sera gazı gibi çevre sorunlarının arttığı günümüz yaşam koşullarında, sürdürülebilir yapı malzemelerinden birisidir. Ahşap malzeme doğadan elde edilmesinden, yaşam döngüsü boyunca bütün süreçlerde, enerji etkin bir malzemedir. Ormanlardan, kesilip, fabrikada işlenmesi, şantiyeye nakliyesi gibi aşamalarda az enerji harcandığından ve su tüketim oranları düşük olduğundan, gömülü enerjisi az olan malzemelerden birisidir. Ayrıca fabrikada işlenerek kereste ürünlerine dönüştürülen ahşap, yaşam döngüsü boyunca, karbonu yapısında depolayarak karbon tutucu bir özellik gösterir ve karbon emisyonunu azaltır. Woodard ve Milner'in Yapılarda Ahşap ve Kereste'nin Sürdürülebilirliği makalesi kapsamında yaptıkları ahşap malzeme üzerindeki yaşam döngüsü araştırmalarına göre, ABD'de tipik bir ahşap ev eşyasının yaklaşık 9 ton karbon depoladığı belirtilmiştir. Ahşap tüm bu özellikleri nedeniyle yaşam döngüsünün tüm evreleri boyunca çevresel etkileri az olan yapı malzemelerinden birisidir [Woodard and Milner, 2016].

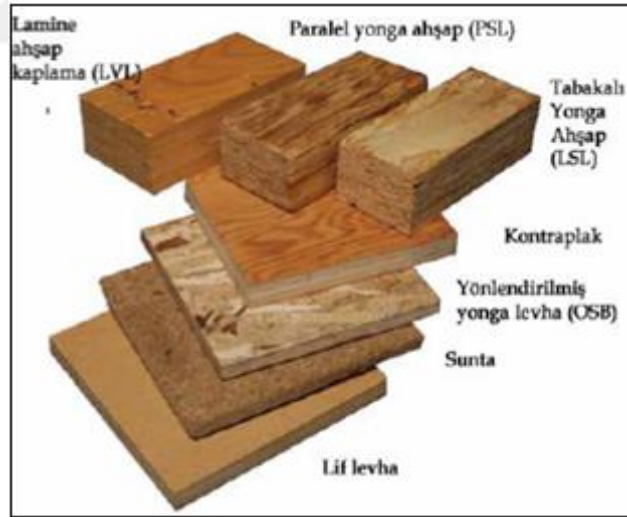
Doğal ahşap, ağaçların kesilmesi, kurutulması ve işlenmesiyle elde edilmektedir. Kullanılan ağacın yapısı ve özellikleri ahşap malzemenin genel özelliklerini belirlemektedir. Kesilen ağaçların, kullanılacak ortam ve üstlenilecek göreve göre kurutulup işlenmesiyle de ahşap, bir yapı malzemesi olarak bulundurması gerekli bütün özelliklere sahip olmaktadır.

Ahşap malzeme olumlu çevresel etkilerinin yanı sıra, bazı olumsuz özelliklere de sahiptir. Doğal ahşap, neme karşı dayanıksız bir malzemedir. Ahşap malzemenin doğal kullanımlarında, mantar ve böcek etkileri nedeniyle biyotik çürüme, nem, kimyasallar, ultraviyole ışınlar nedeniyle zehirli çürüme (abiyotik degradasyon) meydana gelmektedir. Bu bozunma ve çürümelerin önüne geçebilmek için gelişen teknolojilerle beraber ahşap malzeme, endüstri de işlenerek yapay ahşap malzemeye dönüştürülmektedir.

3.1.4. Yapay Ahşap

Geleneksel yöntemler ile doğal ahşabın mimaride kullanımının yanı sıra, ahşap, sanayide çeşitli katkılar ve yapıstırıcılarla endüstriyel mühendislik ürünlerine

dönüştürülerek yapay ahşap olarak da yapılarda kullanılmaktadır. Bu ürünlerle, ahşabın dayanımı, yapısal güvenilirliği artırılmakta, çürüme, bozunma ve neme karşı daha dayanıklı ve sağlam bir malzeme elde edilmektedir. Deprem, yangın gibi etkenlere karşı malzemenin sağlamlığı artırıldığından, modern mimarideki kullanım alanı da artmış ve çeşitlenmiştir. Doğal ahşap ürünler, geleneksel yapım yöntemlerinde, sadece az katlı binalarda tercih edilmiştir. Doğal ahşabın dayanımının, beton, çelik gibi malzemelere göre daha az olması nedeniyle, yapılarda iskelet sisteminden çok, duvar, döşeme ve tavan kaplaması olarak kullanılmıştır. Son yıllarda glulam, çapraz lamine ahşap gibi sanayide işlenerek mukavemeti ve yapısal güvenilirliği arttırılan yapay ahşap malzemeler ise, iskelet sistemlerde beton, çelik ve kompozit gibi malzemelere alternatif olarak kullanılmaya başlamıştır. Yapay malzeme olarak ahşabın; birçok türü, yapı ürünü olarak tercih edilmektedir. Bu malzemeler; levhalar, kontrplak, yonga levhalar, lif levhalar, talaş levhalar, lamine ahşap kaplama (LVL), tabakalı yonga ahşap (LSL), yönlendirilmiş yonga ahşap (OSB), paralel yonga ahşap (PSL), tutkallı tabakalı ahşap ya da tutkallı lamine ahşap (Glulam), çapraz lamine ahşaptır (CLT), (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Yapay ahşap malzemeler.

Yapay ahşap malzemelerden en dayanıklıları glulam ve çapraz lamine ahşaptır. Glulam; fabrikada istenilen boyutlarda kesilen keresteler ve uzun ömürlü ahşap yapıştırıcılar kullanılarak, kerestelerin uç uca şaşırtmalı olarak eklenmesiyle elde edilen büyük kiriş formundaki yapı malzemesidir. Bu malzemenin bağlantılarında çelik birleşim detayları kullanılmaktadır. Çapraz lamine ahşapta, istenilen boyutlarda

kesilen ahşap parçaların, farklı katmanlarda çaprazlama olarak yerleştirilmesiyle oluşturulan, çok katlı ahşap yapılarda ve stadyum gibi geniş açıklıklı yapıların iskelet sistemlerinde taşıyıcı olarak kullanılan yapı malzemesidir [Gürel Y, 2018].

Yapay ahşap malzemelerde, göz önünde bulundurulması gereken bir husus, üretim sürecinde kullanılan kimyasal maddeler ve tutkallardır. Örneğin; PentakloroFenol (PCP), Lindan kimyasalları bu zararlı bileşiklerdendir. Kontrplak, lif ve yonga gibi yapay ahşaplarda; fenol, üre formaldehit kaynaklı yapıştırıcılar kullanılmakta, bu yapıştırıcı ve reçineler az düzeylerde bile olsa, emisyon salınımına neden olmaktadır. Bazı yapay ahşap levhalarda tespit edilen formaldehit oranları şu şekildedir [Balanlı vd, 2006], (Tablo 3.3):

Tablo 3.3: Bazı yapay ahşap ürünlerin formaldehit oranları.

Yapay Ahşap Türü	Formaldehit Miktarı (μ / m/ saat)
MDF	210-2300
Kontrplak-mobilya	7-1700
Kontrplak-mobilya-vinil kaplamalı	3-300
Kontrplak	2-83
Yonga ya da talaş levha	100-2000

Yapay ahşaptan salınan formaldehit ve UOB oranları, mekanın fiziksel koşullarına, malzemelerdeki zararlı bileşik yoğunluğuna, yeni veya eski olarak malzemeye uygulanmış olmasına kadar, birçok koşula bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; sıcaklık ve nem oranına paralel olarak formaldehit emisyonları da artmaktadır. Aynı zamanda ahşap döşeme kaplamalarına uygulanan verniklerin katmanının artmasına göre, UOB salınımı da artmaktadır.

İç mekan hava kalitesi açısından bu malzemelerde, uçucu organik bileşik içeren yapıştırıcılar ve kimyasallar ya hiç kullanılmamalı ya da olabildiğince az kullanılmalıdır. Bu durum, üretim sırasında göz ardı edildiğinde, bu malzemelerin kullanıldığı yapılarda, uçucu organik bileşik, formaldehit salınımı meydana gelmektedir. Böylece iç mekan hava kalitesi azalmakta ve kullanıcı sağlığı için risk oluşturmaktadır. Bu olumsuz etkileri Tablo 3.4'te verilmiştir [Tuğlu, 2005].

Tablo 3.4: Ahşap malzemelerin insan sağlığına etkisi.

Ahşap	Yapısı ve Özellikleri	İçerdiği Kirleticiler	Yapısı ve Mekan İçerisinde Kullanımı	İnsan Sağlığına Etkileri
Doğal ahşap	Ahşap cinsine göre değişiklik gösterir. Selüloz, linonin, ham selüloz ana maddesidir.	Doğal hali kirleticisi barındırmaz. Koruyucu maddelerde; arsenik, bakır, flor, krom gibi kirleticiler vardır.	Kapı, pencere doğramaları, mobilyalar, bölücü sistemler	Solunum yolu rahatsızlıkları, alerji, deri tahrişleri
Yapay ahşap	Ahşap levhaların yapıştırılmasıyla elde edilir.	Yapıştırıcı madde ve vernikler formaldehit ve uçucu organik bileşik içerir.	Bölücü sistemler, duvarlar, döşemeler, mobilyalar	Uzun sürede zehirlenmeler, alerji, solunum yolu hastalıkları, göz iltihaplanmaları

Bu etkilerin önlenmesi için, iç mekan hava kalitesi açısından bu malzemelerin yapısında kullanılan katkılarla ilgili standart değerler belirlenmelidir ve yapay ahşap ürünlerin toksisite oranları ile ilgili tasarımcı ve tüketiciyi bilgilendiren formlar hazırlanmalıdır. Bu malzemeler imal edilirken, kimyasallar standart değerlerden fazla kullanılmamalı, formaldehit tutucu katkıları, üretim sırasında tercih edilmelidir. Bunun yanı sıra, formaldehit ve UOB salınımı yeni binalar ve yeni üretilen malzemelerde daha fazla ortaya çıktığından dolayı, binalar kullanılmadan önce bir süre havalandırılmalı, yeni ürünler dinlendirilmiş olmalı ve yapıların kullanımı sırasında, içeriye olabildiğince taze hava alınmalıdır. Yapay ahşap malzemelere katılan kimyasallar, birleşim yerlerinden sızıntı yaparak hava ortamına yayıldığı için, birleşim detaylarının ve malzemelerin kenarlarının kaplanmasıyla da ortama yayılan zararlı bileşiklerin miktarı azaltılmalıdır.

3.1.5. Beton, Çimento ve Agrega

Beton, ahşap ve çelik malzemelerle birlikte inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan malzemelerdendir. Bu malzeme, agrega, çimento, kimyasal katkı, mineraller ile suyun karıştırılması sonucunda elde edilen harcın, priz alarak dayanım kazanmasıyla elde edilmektedir. Günümüzde hazır beton firmaları aracılığıyla mikserlerle yapı yerinde dökülen bu malzeme, geleneksel yöntemlerde inşaat alanında harç olarak hazırlanmaktaydı. Özellikle 19.-20.yy'da önem kazanan beton,

kolay şekil alması, mukavemetinin yüksek olması, yangına karşı direncinin fazla olması, ekonomik olması gibi özellikleriyle yüksek yapılarda ve diğer yapı türlerinin iskelet sistemlerinde kullanılmaktadır. Betonun hızlı priz almasını sağlamak, betonda su tüketimini azaltmak veya betonun dayanımını artırmak için hazır betonlarda kimyasal katkıları kullanılmaktadır. Agreganın beton içindeki oranı % 60-80, suyun % 15-20, çimento oranı %10-15, mineral katkıların % 2-5, kimyasal katkıların ise % 0,2-0,5 yüzdeleri arasında değişmektedir [Çankaya, 2010]. Betonun çevresel etkileri göz önüne alındığında, enerji etkinliği açısından; üretiminde, çelik gibi malzemelere göre daha az enerji tüketmektedir. Ancak bu malzeme hazır beton olarak döküldüğünde, mikserlerinin yıkanması gibi durumlarda su tüketimi fazla olan bir üründür. Ayrıca betonun iç hava kalitesine etkisi, içerisinde kullanılan katkı maddeleri, çimento ve agreganın özelliğine göre değişmektedir.

Beton, çimento ve agregaların içerisinde kullanılan kimyasal katkıların, malzeme içerisindeki oranı düşük olsa bile, bu kimyasallar zararlı etkilere sahip olabilmektedir. Beton malzemesinin içerisindeki katkı maddeleri ve bu maddelerin insan sağlığı üzerine etkileri şu şekildedir [Tuğlu, 2005], (Tablo 3.5):

Tablo 3.5: Betonun içerisindeki zararlı bileşenler.

BETON KATKI MADDELERİ	İçinde bulunduğu beton bileşeni	İçinde bulunduğu yapı ürünü	Kullarıcıda oluşturduğu sağlık sorunu
Radon	Agrega, mineral katkı maddeleri	Perlit, çakıl, uçucu kül ve yüksek fırın çürüfö	Akciğer kanseri, solunum yolu rahatsızlıkları, bronşenik, karsinoma
Asbest	Agrega	Vermikülit	Akciğer kanseri, asbestosis, bronşit karsinoma.
Kurşun	Agrega	Kurşun esaslı agregası	Merkezi sinir sistemi bozuklukları, böbrek ve bağırsıklık sisteminde hasar, düşük, erken doğum, kansızlık.
Kimyasal maddeler	Katkı maddesi	Melamin, formaldehit sülfonatlar, naftalen, sülfonatlar, reçine tuzları	Alerji, solunum yolu rahatsızlıkları, temas halinde ciltte ve gözde tahriş ve iltahaplanma.

Ayrıca betonun radyoaktivite oranının yüksek olması durumunda, bu ürün radon kirliliğine de sebep olmaktadır. Hazır beton üretiminde su kullanımını azaltmak için, deri ve solunum yollarında olumsuz etkiler oluşturan süper

plastikleştirici maddelerin kullanılması, betonun katkılarından olan agrega ve çimento gibi malzemelerin yapısında yine insan sağlığına zararlı etkileri olan silis kristal parçacıklarının kullanılması, betonun iç mekan hava kalitesini olumsuz etkilemesine neden olmaktadır. Sev'in sürdürülebilir mimarlıktaki derlediği bilgilere göre bu katkılar yerine yağ bazlı minerallerin kullanılması önerilmektedir [Sev, 2009]. Sağlıklı beton malzemesinin elde edilmesi için, beton içerisindeki agrega, çimento, mineral, kimyasal katkıların; olumlu, olumsuz özellikleri, karışımdaki kullanım oranları dikkate alınmalıdır. Kaliteli iç hava ortamı için betonun radyoaktivite katsayıları da göz önünde bulundurulması gereken bir diğer konudur.

Agrega, betonun içerisinde kullanılan ana maddedir, heterojen yapıdadır. Bu malzeme, doğal taşların kırılıp ufalanmasıyla oluşturulan mıcır veya doğada hazır olarak bulunan çakıl, kum ve kayaç parçalarına, bağlayıcıların eklenmesiyle oluşturulmaktadır. Doğal ve kırma agrega olarak çeşitleri olan bu ürün, deniz ve akarsu yataklarındaki malzeme olmaya uygun maddelerin; testlerden geçirilerek seçilip, elenmesi ve gruplandırılmasıyla doğal olarak veya maden ocaklarından çıkarılan taşların kırılıp, ufalanıp öğütülmesiyle kırma olarak elde edilmektedir. Bazı işlemlere tabi tutulan fırın cürufu, perlit maddelerinin elenmesiyle de hafif agrega olarak bilinen agrega türü üretilmektedir. Betonun yapısında kullanılacak agregalar, aşınma ve donmaya karşı mukavemeti yüksek nitelikte, sert, dayanıklı olmalı, su ile yumuşayarak dağılmamalı, şekilleri düzgün olmalı, sülfat, tuz, klorür içermemelidir.

Ana maddesi kalker, kil, alçı taşı ve silisli kum olan çimento, su ile harç haline getirilerek, betonun sertleşip katılaşmasını sağlayan hidrolik bağlayıcı bir maddedir. Çimento, betonda su ve agregadan sonra en fazla kullanılan bileşendir. Çimentonun beton hamuru içerisindeki işlevi; agregaları bir arada tutarak, aradaki boşlukları doldurmak, böylece bağlayıcılık sağlamaktır. Yaygın olarak kullanılan portland çimentosu ve ekonomik olmasından dolayı tercih edilen puzolan katkılı çimento gibi türleri bulunmaktadır. Uçucu kül veya cüruf gibi atıklar da çimentoda katkı olarak kullanılmaktadır.

Çimento ve agregaların genel olarak iç hava kalitesine, bilinen olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. Ancak çimentonun üretimi sırasında kullanılan uçucu kül gibi katkılar sanayi bölgelerinde hava kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca çimentonun üretimi sırasında, yapısında kullanılan ağır metaller, hidrokarbonlar gibi insan sağlığına zararlı maddelere bağlı olarak oluşan salınımlar, çevre kirliliği oluşturmaktadır. İç hava kirliliğinin kaynaklarından birisi olan dış hava kirliliği

yoluyla, dolaylı olarak sanayi bölgelerindeki kapalı mekanlarda; iç hava ortamı sağlıksız hale gelmekte, aynı zamanda bu malzemenin üretildiği sanayi kuruluşlarının iç ortamlarında çalışanlar, doğrudan bu kirliliğe maruz kalmaktadır. Bu sebeple ülkemizde Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliği gereğince çimento üreten kuruluşlara, filtre kullanmaları gibi şartlar getirilmiştir [ResGaz 1, 2000]. Ayrıca bu malzemelerin üretiminde kullanılan doğal kayaçlar, toprak, kum ve minerallerin yapısında radyum, uranyum elementler varsa, bu bileşikler bozularak radon kirliliği meydana getirmektedir. Bu yüzden, bu maddelerin radyoaktivite oranları ölçülmekte, radon salınımı için risk oluşturup oluşturmadıkları üzerine bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. İç hava kalitesi açısından önemli kirleticiler arasında yer alan radonun agrega, çimento veya betonun yapısından kaynaklanabileceği belirtilmektedir. Bazı yapı malzemelerinin radon oluşum katsayısı aşağıda verilmiştir [Brookins, 1990], (Tablo 3.6).

Tablo 3.6: Yapı ürünlerinin radon oluşum katsayısı.

Yapı ürünü	Radon oluşum katsayısı
Beton	0,1-0,4
Tuğla	0,02-0,1
Alçıtaşı	0,03-0,2
Çimento	0,02-0,05
Uçucu küller	0,002-0,02

Yapı malzemelerinin radyoaktivitesi yüksek olanların, salınımlarını engellemek için, ürünlerin ahşap ve alçı ile kaplanması, hava ortamına yayılan kirlenici oranını azaltabilmektedir. Beton, çimento ve agrega gibi ürünlerden sağlıklı malzemeler elde etmek için, çimentolarda EN 197-1, beyaz çimentoda TS 21, sülfatlara dayanıklı çimentolarda TS 10157 standartlarına göre testler yapılmaktadır. Normal ve ağır agregalar ise, TS 706 EN 12620:2000, hafif agregalar da EN 13055-1:1997 standartlarına tabidir. Kimyasal katkıları için de, EN 934-2 standardı baz alınmaktadır. Mineral katkılardaki ürün etiketleri ise, tip 1, tip 2 ve tip 3 olarak sınıflandırılmaktadır. Filler agregasında TS EN 12620:2000, boya maddelerinde EN 12878 standart şartları; tip 1 mineral katkıları için, uçucu külde EN 450, silis dumanı tozunda EN 13263:1998 standart şartları; tip 2 katkıları için aranmaktadır [TS, 2019].

3.1.6. Pişmiş Toprak Malzemeler

Toprak esaslı malzemeler binalarda ilk çağlardan beri kullanılan ürünlerdir. Topraktan elde edilen kil; bağlayıcı ve dolgu maddesi olarak, kerpiç ise ana malzeme olarak kullanılmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki geleneksel yapılarda; kerpiç, bölgedeki yerel malzemelerden kolay elde edildiği için, yaygın olarak tercih edilmiştir. Günümüzde pişmiş toprak malzemeler; kil, kerpiç gibi geleneksel ürünlerin yanı sıra tuğla, kiremit, seramik ve sıhhi tesisat gibi malzemeleri de kapsamaktadır.

Tuğla, su ile kum içeren killi toprağın birlikte karıştırılarak biçimlendirildikten sonra, boşluklu ve boşluksuz türler halinde pişirilip kurutulmasıyla elde edilmektedir. Konut yapılarındaki geleneksel yapı sistemlerinde; boşluklu tuğla, blok tuğla ve sırlı tuğla (ateş tuğlası) duvar malzemesi olarak kullanılırken, döşemelerde dolgu malzemesi (asmolen), çatılarda baca tuğlası olarak kullanılmıştır. Taş ve kerpice göre daha ince yapıda olması, kolay örülmesi, ekonomik ve yangına dayanıklı olması, özgül ağırlığının düşük olması, ısı iletiminin az olması, tuğlanın yapı sektöründe yoğun olarak tercih edilme sebeplerindedir. Modern mimari de ise gaz beton, alçı levhalar gibi hafif malzemelerin; duvar elemanı görevinde kullanılması, bu ürünlerin tuğlaya alternatif olmasını sağlamıştır.

Karo seramikler, mozaik kaplamalar, sırlı porselen ve fayanslar, mutfaklarda bordür olarak kullanılan seramik ürünler, saydamlık amacıyla cephelerde kullanılan camlar pişmiş toprak esaslı malzemelerdendir. Kırılmaya, çatlamaya, ısıya karşı dayanıklı olmaları, parlak görünümleri, ışık geçirgenliği ve saydamlığa sahip olmaları, renk alternatiflerinin fazla olması, estetik olmaları nedeniyle dekoratif amaçlı olarak iç mekanlarda, yapı cephelerinde, döşeme kaplamalarında tercih edilirler. Fayans, porselen gibi çeşitleri mutfak ve banyolarda kullanılmaktadır. Ayrıca ıslak hacim malzemelerinin (lavabo, küvet gibi) çoğu bu malzemelerden elde edilmektedir. Seramiklerde, estetik kazandırma ve su geçirimsizliği sağlamak için sırlı yüzeyler elde edilirken, metal oksitlerden yararlanır. Mimaride bitirme malzemeleri olarak kullanılan ürünlerin en dayanıklılarından olan seramik ve porselenin, asitlere karşı mukavemeti yüksektir.

Pişmiş toprak esaslı malzemelerden tuğla ve seramik ürünler, iç mekan hava kalitesini etkileme noktasında farklı davranışlar gösterir. Tuğla malzemeler, beton ve

taş malzemeler gibi kaynağını doğal kayaçlar ve topraktan aldığı için radon oluşumuna sebep olmaktadır. Tuğla malzemesinin radyoaktivite oranının ölçüldüğü bilimsel çalışmalar mevcuttur. Ayrıca bu malzeme, iç hava ortamında, özellikle duvar yüzeylerinin güneşten gelen gama gibi ultraviyole ışınlarla maruz kalması durumunda, radon kirliliği oluşturabilmektedir [Örgün ve Çelebi, 2016]. Kil ve kerpiç malzemelerde de aynı etkinin görüldüğü bilinmekle birlikte, sağlıklı bir iç hava kalitesi için toprak esaslı malzemelerden tuğla, kiremit, kil ve kerpicin radon oluşum katsayısı dikkate alınmalıdır.

Seramik malzemeler, insan sağlığı açısından iç hava kalitesini doğrudan olumsuz etkileyen malzemelerden değildir. İç hava kalitesi üzerinde asbestin zararlı etkisi gibi bilinen bir etkisi yoktur. Ancak bu malzemelerin imalatı sırasında, üretim alanlarına bazı zararlı bileşenler yaydığı bilinmektedir. Örneğin, kurutma işlemine tabi tutulmadan önce seramik malzemenin içerisine konulan renklendirici ve koruyucularda, insan sağlığı olumsuz etkileyen maddeler bulunabilmektedir. Ayrıca hammaddelerin toz haline getirilerek ufanması, öğütülmesi gibi durumlarda, bu mekanlarda, toz ve parçacıklar havaya karışabilmektedir [Kokulu, 2016]. Sırlı olmayan seramik yüzeylerde; kullanılan özün üstündeki koruyucu tabakalar, kullanılan maddenin zararlı içeriğe sahip olması halinde, hava kalitesini olumsuz etkileyecek gazlar yaymaktadır. Bunun yanı sıra, seramik ürünlerin yapıştırılmasında kullanılan krom içerikli (Cr^{+6}) seramik yapıştırıcılar, uygulayıcı veya kullanıcıların derisinde alerjik rinit gibi rahatsızlıklar meydana getirmektedir. Bu yapıştırıcıların yerine akrilik esaslı seramik yapıştırıcıların tercih edilmesi önerilmektedir [Tatar ve Özkalemkaş, 2007]. Bu nedenle, bu malzemelerde kullanılan katkıların, zararlı içeriğe sahip olmaması, üretim aşamasında açığa çıkan zararlı emisyonların denetlenmesi önemlidir.

3.1.7. Plastikler

Karbon ve hidrojen atomunun belirli sayılarda bileşik haline getirilmesiyle oluşturulan polietilen, polipropilen ve polivinilklorür (PVC) gibi hidrokarbonlar, plastik malzemeleri oluşturmaktadır. Bu malzemeler kapı-pencere doğramalarında ahşap malzeme yerine kullanılmaktadır. Ayrıca tesisat borularında, yalıtım malzemelerinde, ofis ekipmanları ve ev eşyalarında da kullanılan ürünlerdir. Bu

malzemeler dayanıklı, esnek ve ekonomik olduğu, kolay şekil aldığı, yalıtım sağladığı için tercih edilmektedirler. Bilinen en yaygın plastik madde PVC'dir. Plastiklerin ana kaynağını, fosil yakıtların oluşturması nedeniyle, bu malzemelerin çevresel etkileri de fazladır.

Plastikler, kullanıldığı kapalı mekanlarda, iç mekan hava kalitesini ve kullanıcı sağlığını, üretimi sırasında da çalışanların sağlığını etkilemektedir. Çalışırken vinil klorüre maruz kalanların solunum yollarında tahriş, akciğer rahatsızlıkları ortaya çıkmaktadır [Vural ve Balanlı, 2005]. Bu maddeye maruz kalanlarda; kalp sıkışması, nabızda hızlanma, akciğerde yaralar oluşması, baş ağrısı, baş dönmesi, alerjik reaksiyonlar meydana gelmektedir [Koyuncu ve Aslan, 2014]. Bu alanda yapılan bir araştırmaya göre; PVC imalatında çalışan erkeklerin üreme sistemlerinde, kanser hastalıkları oluşma riskinin arttığı belirlenmiştir [Smith, 1998]. Plastik esaslı köpük gibi yalıtım malzemelerinin üretimi sırasında da; sağlığa zararlı olduğu bilinen CFC (kloroflorokarbon) gazı açığa çıkmakta, çalışanlar üzerinde zararlı etkiler oluşturmaktadır. Ayrıca PVC gibi malzemelerin yanması halinde de dioksin, kurşun, kadmiyum olarak bilinen zararlı bileşikler ve hidroklorik asit hava ortamına karışmaktadır [Onat, 2004]. PVC gibi malzemelerin sağlıksız olarak tanımlanması, içerisinde kurşun, kadmiyum, vinil klorür, civa gibi zararlı katkıların kullanılmasına ve bu bileşiklerin, maddenin içerisindeki oranlarına bağlıdır. Bu malzemelerin kullanımı, üretimi veya yanması durumunda iç havaya karışan zararlı maddeler Tablo 3.7'de verilmiştir [Balanlı ve Taygun, 2002].

Bilimsel çalışmalara göre zararlı içerikli ve daha az zararlı (tercih edilebilir) plastik maddeler sınıflandırılmaktadır. Bu gruplamaya göre, PVC plastiklerin en zararlılarından kabul edilirken, ABS (akrilonitril bütadien stiren), EVA (etilen vinil asetat), polikarbonat, polisitiren, poliüretan, silikon, orta zararlı, PEX (çapraz bağlı polietilen), PET (polietilen tereftalat), polietilen, polipropilen, TPO (termoplastik poliolefin) daha az zararlı olan plastik maddeler olarak kabul edilmektedir [Rossi ve Lent, 2006]. İnsan sağlığı için zararlı etkileri olan plastiklerin, yapı malzemesi veya diğer işlevlerde, kullanımının azaltılması veya kullanılmaması gerekmektedir. Bu ürünler yerine, içerisinde zararlı malzemelerin olmadığı sağlıklı plastiklerin kullanımı tercih edilmelidir.

Tablo 3.7: Plastik malzemelerin üretimi ve kullanımı sırasında ortaya çıkan toksik maddeler ve insan sağlığına etkileri.

Sağlığı Bozan Etken	Koşullar	Olabilecek Sağlık Sorunu
Klor	Ortamda bulunma, soluma	Gözlerde, burunda ve boğazda kaşıntı Solunum sorunları
ECD (etilendiklorür)	Soluma Yanma ve patlama	Gözde yanma, Baş dönmesi Mide bulantısı kusma, karaciğer böbrek sinir ve sindirim sistemi sorunları, Zehirlenme, yanma, yaralanma, solunum sorunları
VC (vinilklorür) ve VCM (vinilklorürmonomer) gazı	Soluma	Baş dönmesi, bitkinlik, baygınlık, baş ağrısı, bulantı, gözlerde yanma, uyku düzensizliği, bellek yitimi, işitme bozuklukları, sinirlilik, deride kalınlaşma, parmak ucu kemiklerinde değişiklikler, çarpıntı, kalp krizi, bağışıklık sistemi zayıflığı, üreme
Civa	Soluma, beslenme	Zehirlenme, mide bulantısı, kas zayıflığı, anne karnındaki bebekte gelişim bozuklukları, çocuklarda (yüksek dozda solunmasında) zihinsel ve fiziksel bozukluklar, beyin, omurilik, böbrek, karaciğer, bağışıklık, solunum, dolaşım, sindirim ve üreme sistemlerinde sorunlar
Organik klorinler	Canlıların yağ dokusunda birikme	Kanser
Dioksin	Soluma, beslenme	Zehirlenme, anne karnındaki bebekte gelişim bozuklukları ve sakatlıklar, sinir bağışıklık, üreme ve hormonal sistem sorunları, kanser (lenf, meme)
Kurşun	Soluma, beslenme	Zehirlenme, işitme sorunları, çocuklarda zeka geriliği ve büyümede yavaşlama, yorgunluk, baş ağrısı, kilo kaybı, uykusuzluk, sinir sistemi bozuklukları, böbrek hastalıkları
Kurşun kromat	Soluma, beslenme Vücutta birikme	Zehirlenme Baş ağrısı, kanızlık, çocuk düşürme, kısırlık, böbrek ve beyin hastalıkları
Kadmiyum	Soluma	Zehirlenme
DEHP(dietilhekzilftalet)	Soluma	Hormon dengesinin bozulması, ve kanser
Benzen	Soluma	Baş ağrısı, yorgunluk, uykusuzluk, mide bulantısı, sinirlilik, kas zayıflığı, kan kanseri
Antimon bileşikleri	Soluma	Zehirlenme
Karbontetraklorür	Soluma	Karaciğer ve böbrek hastalıkları, kanser
1,2-diklorethan	Soluma	Zehirlenme, kanser
Metilkarilat	Soluma	Bitkinlik, akciğer hastalıkları, ölüm
Methonal	Yüksek oranda soluma	Baş ağrısı, zayıflık, uyuşukluk, baş dönmesi, mide bulantısı, kusma, sarhoşluk, gözde kaşıntı, körlük, bulanık görme, ölüm
Ftalik anhidrid	Soluma	Zehirlenme
Tetrahidrofuran	Ortamda bulunma ve soluma	Baş ağrısı, göz ve burunda kaşıntı, baş dönmesi, böbrek, karaciğer ve sinir sistemi sorunları
Kurşun III-sülfat	Soluma, Vücutta birikmesi	Zehirlenme Baş ağrısı, kanızlık, çocuk düşürme, kısırlık, böbrek ve beyin hastalıkları
Hidrolik asit	Soluma	Zehirlenme, kanser,ölüm
Karbonmonoksit	Soluma	Baş dönmesi, mide bulantısı, kusma, yorgunluk, baş ağrısı, iştah kaybı, zayıflık, felç, kan dolaşımı bozuklukları

3.1.8. Yalıtım Malzemeleri

Yalıtım malzemeleri, yağmur, kar, rüzgar gibi dış kuvvetlerin etkilerini azaltarak, yapıları konforlu hale getirmek için kullanılan yardımcı malzemelerdir.

Yapılarda elverişli ısı, işitsel konfor koşullarının oluşturulması için kullanılan bu malzemelerle, binalarda ısı yalıtımı, su yalıtımı ve ses yalıtımı temin edilirken, aynı zamanda çevresel etki açısından da ısı kayıplarından sakınılarak enerji etkinliği sağlanmaktadır.

Günümüzde ısı yalıtımında, EPS (genleştirilmiş polistiren sert köpük), XPS (haddelenmiş polistiren sert köpük), poliüretan köpük, taş yünü, cam yünü gibi malzemeler, mantolama ve izolasyon için kullanılmaktadır. Bu malzemeler; gömülü enerjileri düşük olmaları, kolay elde edilebilir olmaları, ucuz ve ekonomik olmaları, kolay işçilik gerektirmeleri, uzun ömürlü olmaları ile ısı direnç, yangın ve neme dayanım, ses, ısı yalıtımı gibi teknik şartları sağlarlar. Çevre sorunlarının artması ve sürdürülebilirlik kavramının önem kazanmasıyla, bu ürünlerin, sadece termal ve izolasyon performansları değil aynı zamanda yaşam döngüleri boyunca oluşturdukları çevresel etkiler de ön plana çıkmıştır.

Yalıtım malzemelerinin insan sağlığına ve iç hava kalitesine etkisi, bu ürünlerin fiziksel özelliklerine ve üretiminde kullanılan katkı maddelerinin niteliğine ve yoğunluğuna göre değişmektedir. Taş yünü ve cam yünü gibi lifli malzemeler, bu ürünlerin imalatı, binaya uygulanması ve kullanımı sırasında, fiziksel özelliklerinden dolayı (lifli yapı), kapalı mekanlarda toz, parçacık oluşturmaktadır. Bu liflerin insan vücuduna solunum yoluyla alınarak boğaz ve ciğerlerde birikmesiyle de solunum yolları ve akciğerlerde bazı rahatsızlıklar meydana gelmektedir. Özellikle bu malzemelerin, üretiminde ve yapıya uygulanması sırasında çalışanlarda, bu etki daha fazla olmaktadır. Ayrıca taş yünü ve cam yünüde, liflerin yapıştırılmasında kullanılan fenol formaldehit reçinesi gibi toksik maddeler, ürünü insan sağlığına zararlı hale getirmekte, emisyon salınımına sebebiyet vermektedir [Tatematsu et al., 2014].

EPS, petrokimyasallardan üretilmektedir. Bu malzemelerin imalatı sırasında; ağır metaller, fenol formaldehit ve toz salınımları meydana gelmektedir. Bu bileşiklerin, üretim ve kullanım sırasında, yüksek sıcaklık etkisiyle hava ortamına yayılması halinde, hem doğal çevre ve iç hava kalitesi hem de maruz kalan kişiler için zararlı etkiler oluşturduğu bilinmektedir. Bu malzemelerin yanması durumunda ise karbon monoksit, karbondioksit gibi zehirli gazlar açığa çıkmaktadır [Woolley et al., 2005].

Poliüretan köpük ve fenol köpük, yapısında formaldehit bulunduran, bazı firmalarda üretimi sırasında, kloroflorokarbon gibi zehirli gazların açığa çıkmasına

neden olan bir malzemedir. UOB emisyonları yayan bu malzeme, yanması halinde zararlı gazlar açığa çıkardığı için, mobilya sektöründe kullanımı yasaklanmıştır, ancak yapı sektöründe hala kullanılmaktadır [Woolley et al., 2005]. Yalıtım malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirmesine (YDD) göre oluşturdukları emisyon değerleri Tablo 3.8’de verilmiştir [Kokulu, 2016].

Tablo 3.8: YDD’ye göre yalıtım malzemelerin emisyon değerleri.

Ürün	Emisyonlar	Birim	Miktar
Taş yünü	CO ₂	g	1,421
	CO	g	105,35
	SO _x	g	6,08
	NO _x	g	2,47
	N ₂ O	g	0,02
	UOB	g	0,70
	Partikül	g	1,19
Cam yünü	CO ₂	g	1,814
	CO	g	7,62
	SO _x	g	21
	NO _x	g	8,22
	N ₂ O	g	1,09
	Partikül	g	0,29
EPS	CO ₂	g	2,298
	CO	g	6,20
	C _x H _y	g	13,18
	NO _x	g	11,97
	SO _x	g	13,38
	Toz	g	2,31
Poliüretan köpük	CO ₂	g	3,400
	CO	g	5
	C _x H _y	g	6,1
	NO _x	g	8,20
	SO _x	g	11
	Toz	g	4,3

Son yıllarda organik esaslı üretilen keten, soya, saman balyası, mantar, koyun yünü gibi ürünler de izolasyon işlevinde kullanılan yalıtım malzemelerindendir. Bu malzemelerden bitkisel kökenli yetiştirilenlerde, pestisit, DDT (dikloro difenil trikloroethan) gibi kimyasallar kullanılmazsa, bu malzemelerin iç hava kalitesi ve insan sağlığına olumlu etkilere sahip olduğu düşünülmektedir.

Yalıtım malzemeleri, içerisinde kullanılan katkı maddeleri ile iç hava kalitesini etkilediği gibi, aynı zamanda yapı içerisindeki ısı konforu da doğrudan etkilemektedir. Bu malzemeler yapı içerisinde izolasyon sağlayarak, ısı kayıplarını azaltmak için kullanıldıklarından, iç mekanlardaki sıcaklık, nem ve hava akım hızını değiştirmektedir. Sıcaklık, nem ve hava akım hızının, iç mekan havası ile ilgili

parametreler olduğu göz önüne alındığında, yalıtımı iyi yapılmış yapılarda; uygun nem ve ısı değerlerinin temin edilmesiyle, sağlıklı yalıtım ürünlerinin seçilmesi, hava kalitesini de olumlu etkiler. Aşırı sıcak ortamlarda; yapı içerisindeki emisyon ve biyoaerosol gibi kirleticiler arttığı için, iklime göre yalıtımın doğru yapılması da ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda, yalıtım malzemelerinde kullanılan katkı maddelerinin toksik niteliğinin yanı sıra, ısıl konfor açısından, cam yünü gibi ürünlerin termal performansları ve teknik özellikleri de dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda plastik kaynaklı yalıtım ürünleri yerine, organik veya mineral esaslı ürünler tercih edilerek, plastik esaslı malzemelerin iç mekan hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri azaltılmalıdır.

3.1.9. Boyalar

Boyalar, dış cephelere estetik kazandırmak, dış etkilere karşı koruyucu tabaka oluşturmak veya dekoratif amaçlı olarak, diğer malzemeleri ve yüzeyleri, bina cepheleri ve mobilyaları renklendirme işlevinde kullanılan yapı ürünleridir. Bu malzemeler, renk verici pigmentler, inceltici su veya tiner, ayrıca bağlayıcı katkıları (kazein, selüloz tutkalı, vinil, poliester), çözücü kimyasal maddeler içermektedir. Bu ürünler; yağlı boya, solvent içerikli boyalar, su bazlı boyalar, lateks boyalar, akrilik esaslı boyalar gibi türlere ve farklı renk özelliklerine sahiptir. Boyalar ve verniklerin, iç hava kalitesine etkisi, diğer malzemelere göre daha fazladır. Solvent esaslı boya maddelerinde, inceltici olarak kullanılan katkılardan dolayı, bu ürünlerin UOB ve formaldehit salınımı fazla olmaktadır. Özellikle boyanın yüzeye uygulandığı ilk dönemlerde, emisyon salınımları artmakta, zaman geçtikte bu oran azalmaktadır. Bu nedenle boyaların yüzeye uygulanma işleminden sonra, mekanlar sık sık havalandırılmalı, solvent içeriğe sahip türler için kapalı mekanlara taze hava alınmalıdır. Boyalardaki, UOB değerleri şu şekildedir [Kokulu, 2016], (Tablo 3.9):

Tablo 3.9: Boyalardaki UOB miktarı.

Boya	Mevcut UOB Miktarı
İç cephe	30-60
Dış cephe	50-150
Astar ve son kat sistemleri	100-200
Çelik malzeme boyaları	150-350

Boyalarda, kurşun, cıva, kadmilyum gibi ağır metaller kullanılmaktadır. Bu maddelerin, iç hava kalitesi ve kullanıcı sağlığına zararlı olduğu bilinmektedir. Yapılarda kurşun esaslı boyaların kullanılmasından sonra, duvar yapısının aşınması sonucunda oluşan döküntüler nedeniyle kurşun salınımı meydana gelirken, ultraviyole ışınların etkisiyle de zararlı gazlar açığa çıkmaktadır. Ayrıca ağır metal içeren boyalar, yüzeyin nefes almasını engellediği için, yapı içerisindeki sıcaklık ve nem oranları üzerinde de etkili olarak rutubet oluşturmakta, böylece bu ortamlar; zararlı organizmaların kolay üreyip çoğalacağı mekanlar haline gelmektedir [Onat, 2004].

Konfor koşulları ve iç hava kalitesi açısından, boya ve verniklerin, iç mekanda döküntü, parçacık, toz oluşturmayan, uygulandığı yüzeyin nefes almasını sağlayan, mantar, bakteri ve nem oluşumuna neden olmayan, toluen gibi zararlı gazlar ve UOB yaymayan, kurşun gibi ağır metaller veya diğer zararlı bileşikleri içermeyen nitelikte olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, boyanın yeni yüzeye uygulandığı mekanlar sık sık havalandırılmalı, emisyon oranı azaldıktan sonra kullanıma açılmalıdır. Yapılarda solvent içerikli zararlı boyalar yerine su bazlı boyaların tercih edilmesi de, UOB yayılımını azaltacaktır. Özellikle hassas grup olarak kabul edilen çocuk, yaşlı ve hamile kadınların bulunduğu mekanlarda, bu ürünler dikkatli seçilmelidir.

3.1.10. Akıllı Malzemeler

Akıllı malzemeler, gelişen teknoloji ve nano uygulamalarıyla üretilmiştir. Bu malzemeler, dış ortamdan gelen fiziksel, kimyasal, biyolojik ve çevresel uyarılara göre enerji alışverişi yapan veya özellik değiştiren, böylece kendi kendini temizleme, iç hava ortamını temizleme gibi yeni özellikler kazanmış ürünlerdir. Bu malzemelerden bazıları; renk, şekil, ısı iletkenlik gibi özelliklerini, uyarılara karşı değiştirirler. Işık, sıcaklık, enerjiye göre renk değiştiren camlar bu malzemelere misal verilebilir. Bu malzemelerden bazıları ise, fotokatalitik etki ile kendi kendisini temizleme özelliğine sahiptir. Örneğin; fotokatalitik özelliğe sahip yapı malzemeleri (beton, yalıtım malzemeleri, membranlar), ışık altında; yüzeylerindeki partikül ve UOB gibi toksik maddeleri, titanyum dioksit bileşiğinin etkisiyle parçalamaktadır. Fotokatalitik özelliğe sahip betonlar, hava içerisindeki zehirli gazlardan olan; azot oksitleri, ışık etkisiyle parçalayarak etkisiz hale getirmektedir. Bu bağlamda, hava

ortamındaki toksik maddelerin azaltılmasıyla, bu malzemeler iç hava kalitesine katkı sağlamaktadırlar [Orhon, 2013].

21.yy'da keşfedilen ve uygulanmasına yeni başlanılan bu malzemeler, nitelik değiştirerek yeni özellik kazandıklarından dolayı, iç hava kalitesi açısından çevresel etkileri önemli olan malzemelerdir. İç hava kalitesi açısından, ortam kirleticilerinin azaltılması, hava ortamına emisyon yayacak toksik maddelerin, ürünlerde katkı olarak kullanılmaması gibi konular önemlidir. Akıllı malzemelerin; malzeme yüzeylerinde oluşan kirleticileri temizlemesi, güneşten gelen zararlı ışınlarla karşı malzemeyi koruması, fotokataliz ve lotus teknikleriyle toksik madde salınımlarını azaltması, kendi kendini onaran yapısıyla malzemenin deforme olmasına bağlı toz, kir oluşumunu önlemesi ile iç mekan hava kalitesine olumlu katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kirli havayı temizleyen akıllı malzemeler, yapı içerisinde konfor koşullarını bozan kötü kokuların parçalanarak uzaklaştırılması sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, malzemeler içerisindeki kirletici bileşiklerin emilimini artırarak, emisyon yayılımının azaltılmasıyla da iç hava kalitesinin yükseltilmesine katkıda bulunmaktadır. Nem oranının da dengelenmesine yardımcı olan bu malzemeler, iç havayı tamamen temizlemese de, ciddi oranlarda hava niteliğinin iyileştirilmesinde rol oynamaktadır. Ayrıca fotokataliz etkisine sahip yüzeyler, antibakteriyel nanopartiküller ile birlikte kullanıldığında, mikroorganizmaların üremesi ve çoğalmasını da engelleyecektir [Gür, 2010]. Bu malzemelerin iç hava kalitesi için kullanılan türleri ve kullanım yerleri Tablo 3.10'da verilmiştir [Yağlı, 2019].

Tablo 3.10: İç hava kalitesi için kullanılan akıllı malzemeler.

İşlevsel	Akıllı Malzemeler	Kullanım Yüzeyi	Kullanım Şekli
Hava Kalitesi	- Fotoadezyon Akıllı Malzeme	Duvar, tavan döşeme yüzeyleri	Kendini ve havayı temizleyen boya, sıva, beton, seramik, membran, tekstil, cam ürünleri

Akıllı malzemelerin, kendisini ve havayı temizleme özelliği fotokatalizle veya lotus etkisiyle sağlanmaktadır. Boya ve tekstil ürünlerinde, lotus etkiye sahip malzemeler, üzerlerindeki kir ve tozları hareket değişimleri ile bir araya toplamakta,

temizleyici suyu da bu kirliliğin olduğu alana iterek, dış yüzeylerde temizleme işlemini gerçekleştirmektedirler. Fotokataliz özelliğine sahip akıllı malzemelerse, titanyum dioksit bileşimini kullanarak, toksik maddeleri ışık etkisinde parçalamakta ve etkisiz hale getirmektedirler. Fotokataliz etkisine sahip boya ve kaplama malzemelerinin, uygulama örneklerinde, yüzeylerindeki zararlı gazları ve organik kirlilikleri temizlediği bilinmektedir [Gür, 2010].

Dış cephe malzemelerini, ultraviyole ışınlar karşısında koruyan nano kaplamalarda, özellikle radon salınımı açısından önemlidir. Beton, tuğla gibi malzemeler, gama, beta gibi ultraviyole ışınlar maruz kaldıklarında, yapılarındaki radyoaktivite nedeniyle radon emisyonu oluşturabilmektedir. Bu malzemelerin, zararlı ışınların etkilerinden korunması, radon salınımını azaltacağı gibi, malzemenin uğrayacağı bozulmayı da azaltacak ve kullanım ömrünü uzatacaktır.

Yeni icat edilen bu malzemeler, tıp, mimarlık gibi sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Henüz çevresel etkileri hakkında kesin bilgiler mevcut olmasa da, yapı sektöründeki uygulama örneklerine göre, bu maddelerin, yapı malzemelerindeki kirlleticileri temizleyerek, zararlı bileşikleri nötralize etmede kullanıldığı bilinmektedir. Bu olumlu özellikleriyle birlikte, akıllı malzemelerin bazı zararlı etkileri olabileceği de araştırılmaktadır. İnsan vücuduna alınan nano ölçekli parçacıkların, akciğerler ve deride bazı olumsuz etkiler meydana getirdiğini belirten bilimsel veriler vardır. Titanyum dioksit bileşiminin, deride olumsuz oksidatif etkilere yol açabileceği, bu partikülün deri ve sindirim sistemini etkilediği, karbon nano tüp gibi bazı nanopartiküllerin ise akciğer zarında iltihaba neden olabileceği açıklanmıştır. Chau ve arkadaşlarının bu alanda yaptığı bir çalışmaya göre; bu taneciklerin, akciğerlerde birikmesine bağlı olarak akciğer iltihabı, oksidatif stres, akciğer tümörü gibi hastalıklar ortaya çıkarabileceği belirtilmiştir [Chau et al., 2007]. Ancak bu çalışmalar henüz yeni olduğu ve üzerinde kesin sonuçlar elde edilmediği için, net bir bilgi verilememektedir. Bu konunun, gelişmeye açık, üzerinde çalışılması gereken bir husus olduğu düşünülmektedir.

3.2. Yapı Malzemelerinin İç Mekan Hava Kalitesi Açısından Etki Değerlendirmesi

Yapı malzemeleri, yaşam döngüsünün bütün evrelerinde çevresel etki oluşturan ürünlerdir. Bu malzemeler; hammaddenin doğadan elde edilmesi, fabrikada işlenip üretilmesi, yapılarda kullanılması, bakımı, onarımı, ömrünü tamamladıktan sonra yok edilmesi aşamalarında, çevreyi, insan sağlığını etkilemekte, su ve doğal kaynakların tüketimine yol açmakta, atık oluşturmaktadır. Bu ürünlerin, çevresel etki değerlendirilmesi, enerji etkinliği, su etkinliği, geri dönüştürülebilir içeriğe sahip olma, kaynak korunumu sağlayan özellikte olma gibi ekolojik parametrelere göre yapılmaktadır. Malzemelerin çevresel açıdan 'sürdürülebilir' olarak tanımlanabilmesi için, yaşam döngüsü boyunca, aşağıdaki özelliklerin tümünü veya birkaçını sağlaması gerekmektedir. Yaşam döngüsü boyunca;

- Yapıların inşa edilmesi, kullanılması ve yıkılması aşamasında oluşan atıkları, kullanılabilen veya geri dönüştürülebilir
- Yapıların kullanımı sırasında iç hava kalitesini arttıran veya iç hava kalitesine olumsuz etki yapmayan
- Toksik madde salınımını azaltan, toksik madde yayılımına neden olmayan veya standart değerlerden az düzeyde emisyon oluşturan
- Yenilenebilir doğal kaynaklardan elde edilebilir
- Doğal kaynaklardan, hammaddenin elde edilmesi sürecinde, yerel kaynakların, atıkların değerlendirilmesiyle, etkin hammadde kullanımı ve kaynak korunumu sağlayan
- Yaşam döngüsünün tüm safhalarında (üretimi, kullanımı, geri dönüştürülmesi) enerji ve su tüketimini aza indirgeyerek enerji, su etkinliği sağlayan

malzemeler, sürdürülebilir olarak tanımlanmaktadır [Yengar, 2015]. Çalışmanın bu bölümünde yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesine etkisi değerlendirilmiştir.

Yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesi üzerinde bazı etkileri bulunmaktadır. İç hava kalitesine uygun mekanlar tasarlayabilmek için yapılarda kullanılacak malzemelerin, iç hava kalitesini arttıran veya iç hava kalitesini olumsuz

etkilemeyen özellikte olması gerekmektedir. Yapı malzemelerinin, iç hava kalitesini, yaşam döngülerinin tüm süreçlerinde etkiledikleri bilinmektedir. Bu nedenle, malzemelerin üretimi, kullanımı, bakım ve onarım, ömrünü tamamladıktan sonra yok edilmesi gibi bütün süreçlerdeki olası etkileri dikkate alınmalıdır.

Yapı malzemeleri, ürünün üretimi sırasında, zararlı gazlar açığa çıkması, malzemenin ana maddesinin toksik madde olması (asbest gibi), malzemenin içerisindeki katkılarda (yapıştırıcı, bağlayıcı, inceltici) kimyasalların kullanılması gibi sebeplerden ötürü iç hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. İç hava kalitesi açısından malzemelerin en önemli etkisi, yapıların kullanımı sırasında olmaktadır. Yapı malzemeleri, binaların kullanımı sırasında, yapısındaki toksik maddelere bağlı olarak radon, kurşun, formaldehit, UOB gibi zararlı salınımlara neden olmaktadır. Bu etkilerin şiddeti, kirleticilerin hava ortamındaki konsantrasyon oranına göre değişmektedir. İç hava kirleticileri, bazı durumlarda sadece toksik maddenin hava ortamına karışmasıyla, bazı durumlarda ise hava ortamındaki diğer zararlı gazlar ile tepkime oluşturmak suretiyle, iç hava kalitesini bozmaktadır. Ayrıca yapıların kullanımı sırasında, malzeme zararlı bir içeriğe sahip olmasa bile, ürünün kullanım ömrünün kısa olmasından dolayı deforme olduğunda, toz, kir, parçacık oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, yapısal özelliklerinden ötürü (taş yünü, cam yünü gibi malzemeler); insan sağlığını olumsuz etkileyen tanecik ve liflerin, iç hava ortamında yayılmasına sebebiyet vermektedir. Malzemenin biyolojik özellikleri de iç hava kalitesini belirleyen etkenlerden birisidir. Nitekim, malzemenin neme dayanıksız olması nedeniyle biyolojik kirletici oluşturması, malzemenin nefes almayan yapısından dolayı, yapı içerisinde rutubet, nem oluşturması veya koku yayması, bu duruma örnek verilebilir.

Araştırmanın ilk aşamasında, yapı malzemelerinden kaynaklı olarak iç hava ortamına karışarak, kirlilik oluşturan, insan sağlığını olumsuz etkileyen toksik maddeler, literatür taramasına dayalı olarak tespit edilmiştir. Bu zararlı maddelerden, hangi tür kimyasal maddelerin, hangi yapı ürünlerinin hammaddesinde veya katkılarında kullanıldığı belirlenmiştir. Bu kimyasallar; kullanıldığı ürünlere göre tabloda kategorize edilmiştir (Tablo 3.11). Malzemelerin etki değerlendirmesi açısından, her malzemelerin yapısındaki toksik maddeler, cinsine göre (UOB, formaldehit gibi) ele alınmıştır. Böylece, iç mekan kirleticilerinin, bulunduğu yapı malzemeleri Tablo 3.11’de değerlendirilmiştir.

Tablo 3.11: Yapı malzemelerinin içeriğinde bulunan kirlenmeler.

Malzeme Türü	Kirlenmeler Ürün Adı	UOB	Formaldehit	Kurşun (Ağır Metaller)	Radon	PVC (Plastik) Vinil Klorür	Partikül, Toz, Lif	Asbest (2010 öncesi yapılar)
Doğal Taşlar	Mermer	-	-	-	-	-	-	-
	Granit	-	-	-	+	-	-	-
Ahşap	Metaller	+	-	+	-	-	-	-
	Doğal Ahşap	-	-	-	-	-	-	-
	Yapay Ahşap	+	+	-	-	-	-	-
Kompozit Malzemeler	Çimento	-	-	+	+	-	+	-
	Agrega	-	-	+	+	-	-	-
	Beton	+	-	+	+	-	-	+
Pişmiş Toprak Esaslı Malzemeler	Tuğla	-	-	-	+	-	-	-
	Seramik	+	+	+	+	-	-	-
	Alçı Sıva	+	+	-	+	-	-	+
	Alçı Levha	+	+	+	+	+	-	+
Yalıtım Malzemeleri	Plastik	+	+	+	+	+	-	+
	Cam Yünü	+	+	-	-	+	+	+
	Taş Yünü	+	+	-	-	+	+	+
Yapıştırıcı ve Vernikler	EPS, XPS	+	+	-	-	+	+	+
	Poliüretan Köpük	+	+	-	-	+	+	+
Akıllı Malzemeler	Boyalar	+	+	+	-	+	+	+
	Yapıştırıcı ve Vernikler	+	+	-	-	+	-	+
Akıllı Malzemeler		-	-	-	-	-	+	-

Bu inceleme çerçevesinde yapı malzemeleri; doğal taşlar (mermer, granit), doğal ve yapay ahşap, çimento, agrega, beton, tuğla, seramik, taş yünü, cam yünü, poliüretan köpük, XPS, EPS, boyalar, yapıştırıcı ve vernikler, fotokatalitik özellikli akıllı malzemeler olarak sınıflandırılmıştır. Bu grupta yapı alanında en çok tercih edilen ve kullanılan malzeme türleri baz alınmıştır.

Bu malzemelerin İHK'ne olası olumsuz etkilerini tespit etmek için, malzemenin yapısındaki (ana madde, katkılar) iç mekan hava kirlenmelerini, literatür araştırması ile belirlenmiş, elde edilen veriler tabloda ortaya konulmuştur. Bu tabloya göre, UOB ve formaldehit salınımlarının en çok yapay ahşap, boya, yapıştırıcı ve vernikler, alçı sıva, yalıtım malzemeleri (XPS, EPS, poliüretan köpük, taş yünü, cam yünü), plastiklerden kaynaklandığı görülmüştür. Kurşun salınımlarının en çok metaller, plastik ve boyalardan oluştuğu anlaşılmıştır. Ayrıca çimento, agrega ve betonun da az miktarda kurşun kirliliği oluşturduğu gözlemlenmiştir. Radon kirliliğinin ise, doğal kayaç yapısına bağlı olarak, hammaddenin saf hali nedeniyle; toprak esaslı malzemeler, taş malzemeler veya bu malzemelerden üretilen yapay malzemelerde daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu malzemeler; granit, çimento, agrega, beton, tuğla, seramik, alçı malzemeler olarak sıralanabilir. PVC kirliliği ise en çok plastikler, EPS, XPS, poliüretan köpük gibi yalıtım malzemeleri, boya, vernik ve yapıştırıcılarda mevcuttur. Partikül, toz ve lif ise, malzemelerin fiziksel ve biyolojik özellikleri, kullanım ömrünün kısa olması nedeniyle en çok boyalar, taş yünü, cam yünü, ahşap ürünlerinde meydana gelmektedir.

Bu değerlendirmelere göre; yapı malzemelerinden granit, pişmiş toprak malzemeler, çimento, agrega ve betonun yapılarındaki en önemli zararlı içerik, radon gazıdır. Bu durum, ürünlerin hammaddesindeki radyum, uranyum, potasyum gibi elementlerin ultraviyole ışınlar altında bozularak radon gazı açığa çıkarmasından kaynaklanmaktadır. Metaller ise; üretimde kullanılan kurşun, arsenik gibi ağır metal elementlerden veya boyama işlemindeki metalik boyalardan (UOB) dolayı toksik maddeler içerebilmektedir. Yapay ahşap, plastik, yalıtım malzemeleri, boyalar, yapıştırıcı ve verniklerdeki kimyasallar ise; UOB, formaldehit, vinil klorür, ağır metallerdir. Buna göre, yapay ahşap, yalıtım malzemeleri, boya, yapıştırıcı ve vernikler, plastikler; iç hava kalitesini en fazla olumsuz etkileyen malzemelerdir. Metaller, çimento, agrega, beton, tuğla ve seramik, alçı ürünleri, bu malzemeler kadar olmasa bile, iç mekan hava kalitesi üzerinde bazı olumsuz etkilere sahiptir.

Mermer, akıllı malzemeler, doğal ahşap ise bu malzemelere göre İHK'ne daha uygun malzemelerdir.

Bu kirletici maddelerin, yapı ürünleri içerisindeki miktarı, malzemenin toksisite değerini belirlemektedir. Ancak malzemenin iç hava kalitesini etkilemesindeki en önemli etken, yapısında bulunan zararlı bileşiklere bağlı olarak, üretimi veya kullanımı sırasında; emisyon oluşturması, lif ve parçacıklar meydana getirmesi veya zehirli gaz açığa çıkarmasıdır. İç mekan hava kirliliği, bu toksik maddelere göre tanımlanmaktadır. Örneğin; kurşun esaslı boyalarda kurşun kirliliği, PVC malzemesinde kadmiyum gibi ağır metal kirliliği meydana gelmektedir.

Malzemeler, yapılarında zehirli maddeler barındırsalar bile, içerisinde kullanılan kimyasal tutucular ve panzehir işlevi gören maddelerle toksik etkinin nötralize edilmesiyle, kullanım sırasında emisyon oluşturmayabilirler. Bu nedenle incelemenin ikinci aşamasında; iç hava kalitesi açısından;

- Malzemenin ana hammaddesinde, toksik madde olması
- Malzemenin içerisinde kullanılan katkılarda, zararlı içerik olması
- Malzemenin üretimi sırasında, zehirli gazların açığa çıkması
- Malzemenin kullanımı sırasında, iç hava ortamında emisyon oluşumuna neden olması
- Malzemenin, yapıların bakım, onarımı ve yıkımı sırasında, parçacık oluşumuna veya UOB, formaldehit gibi kirleticilerin salınımına neden olması
- Malzemenin içerisinde kullanılan lif, partikül ve taneciklerin, insan sağlığına olumsuz etkilerinin olması
- Malzemenin kullanım ömrünün kısa olması nedeniyle iç ortamda toz, kir, parçacık oluşturması
- Malzemenin fiziksel özellikleri (lifli yapıda olması) nedeniyle partikül oluşturması
- Malzemenin neme dayanıksız olmasından dolayı biyolojik kirletici oluşturması
- Malzemenin, duvar, tavan ve döşeme elemanlarında, nemden kaynaklı yoğuşma ve rutubet oluşturması
- Malzemenin kapalı ortamlarda koku oluşturması

gibi olumsuz etkiler; parametre olarak belirlenerek, bir değerlendirme yapılmış, böylece malzemelerin bu niteliklerden hangisine sahip olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

Buna göre, malzemelerin iç hava kalitesine etkileri ele alınmıştır. Bu yöntemde; bu değişkenlerin malzemede bulunup bulunmamasına göre; yapı ürünleri yararlı veya zararlı olarak tanımlanmamış, sadece iç hava kalitesine etkileri (emisyon, toz, partikül ve koku) başlıklarında değerlendirilmiştir. Çünkü, yapı malzemeleri, kullanıcılara bazı yönlerden sağlıklı koşullar sunarken, bazı yönlerden bu etki tam tersi yönde olmaktadır. Örneğin; akıllı malzemelerdeki parçacık ve partiküller; insan sağlığına zararlı iken, hava içerisindeki veya kendi yapısındaki toksik maddeleri uzaklaştırdığı için yararlıdır. Yapı malzemelerini yararlı veya zararlı diye tanımlamak için daha nesnel veri ve ölçütlere (her malzemedeki toksik maddelerin tespiti amacıyla hammadde ve kimyasal katkı testleri, bu malzemelerin kullanıldığı mekanlardaki iç hava kalitesi ve emisyon ölçümleri) ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda böyle bir tespit için, yapı malzemelerinin tek tek (çelik, lateks boya, su bazlı boya gibi) tüm özellikleri ve yönleriyle ele alınması gerekmektedir. Sadece iç hava kalitesi açısından değil, aynı zamanda ısıl performans gibi tüm özellikleriyle, bütün teknik gereksinimleri karşılaması koşuluna göre, malzemenin yararlı ve zararlı etkileri tespit edilmelidir. Bu yöntemle, sağlıklı (zararlı, yararlı) malzeme tanımı ve malzeme seçimi yapılması daha doğru olacaktır. Çünkü iç hava kalitesi açısından sağlıklı olan bir malzeme, dayanım açısından olumsuz nitelikte olabilmekte veya mukavemeti yüksek olan bir malzeme, içindeki toksik maddeler nedeniyle iç hava kalitesi açısından zararlı olabilmektedir.

Bu nedenle bu çalışmada, yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesindeki rolü, genel parametrelere göre ele alınmıştır. Metaller çelik, alüminyum, pirinç olarak kategorize edilmemiş, metaller olarak üst başlıkta incelenmiştir. Değerlendirme, malzemelerin genel özelliklere bağlı kalınarak yapılmıştır. Örneğin; Literatür araştırmalarına göre metallerin içerisinde kurşun, cıva, arsenik gibi zararlı maddeler kullanıldığı görülmüştür. Ancak bunun her metal türü için veya her üretici firma için geçerli olmadığı bilinmektedir. Burada, yapı malzemelerinde; en çok kullanılan malzeme türevlerine göre gruplama yapılarak, bu türlere göre; bu ürünlerin içerisinde kullanılmış veya kullanılacak olası zararlı maddeler literatüre dayalı olarak belirlenmiştir. Elde edilen bilgiler irdelenerek, bu bakış açısıyla yapılan değerlendirmeler Tablo 3.12 ve Tablo 3.13'te ortaya konulmuştur.

Tablo 3.12: Yapı malzemesinin İHK'ne olası olumsuz etkileri (emisyon).

Malzeme Türü	Etkiler	Ana Hammaddenin Toksik Madde İçerikleri	Malzemenin İçerisinde Kullanılan Katkılarda Zararlı İçerikler	Üretim Sırasında veya Yanması Sırasında Zehirli Gazların Açığa Çıkması	Malzemenin Kullanımı Sırasında Oluşabilecek Emisyonlar	Malzemenin Bakım, Onarım ve Yıkımında Kirlenmelerin Salınımına Neden Olması
Doğal Taşlar	Mermer	-	-	-	-	+
	Granit	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	-	+	Radon	+
Ahşap	Metaller	Kurşun, arsenik gibi zararlı hammaddeler	Metallik boyalardaki UOB Kadmiyum, civa, arsenik	+	Kurşun gibi ağır metaller Metalik boyalar (UOB)	+
	Doğal Ahşap	-	-	-	-	-
Kompozit Malzemeler	Yapay Ahşap	-	Asetaldehit, benzen, etil benzen, toluen, formaldehit, hekzan, ksilen, stearin vb.	-	UOB, Formaldehit	+
	Çimento	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	Uçucu kül, fırın cürufundaki radon	+	Radon, uçucu kül	+
	Agrega	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	Asbest esaslı verimlikülit agrega, kurşun esaslı agrega	+	Radon eski yapılarda asbest	+
	Beton	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	Kurşun ve asbest esaslı agrega, melamin, formaldehit sülfanalar, naftalen sülfanalar, reçine tuzları	+	Radon, eski yapılarda asbest	+
Pişmiş Toprak Esaslı Malzemeler	Tuğla	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	-	+	Radon	+
	Seramik	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	Seramik harcındaki renklendirici ve yüzeylerdeki koruyucular, Cr ⁶⁺ içerikli yapıştırıcılar	+	UOB, Formaldehit	+
Yalıtım Malzemeler	Alçı Sıva	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	Toluen, ksilen UOB ve formaldehit reçineler	+	UOB, Formaldehit, Radon, eski yapılarda asbest	+
	Alçı Levha	Vinil klorür gibi hidrokarbonlar	Klor, civa, kadmiyum, DEHP, benzen, UOB, ağır metaller	+	Ağır metaller (kurşun), UOB Formaldehit, Vinil Klorür	+
	Plastik	Silis kumu, kireç taşı ve bazaltın yapısındaki uranyum, radyum, toryum elementleri	Melamin, fenol, üreformaldehit reçineleri	+	Formaldehit, Radon Eski yapılarda asbest	+
	EPS, XPS	Petrokimyasallar	Asetaldehit, benzen, etil benzen, formaldehit, stearin	+	UOB, Formaldehit	+
Yapıtaşı ve Vernikler	Poliüretan Köpük	Petrokimyasallar	Asetaldehit, benzen, etil benzen, formaldehit, stearin	+	UOB, Formaldehit	+
	Boyalarda	Boya pigmentlerindeki UOB'ler, ağır metaller	Asetaldehit, benzen, etil benzen, toluen, formaldehit, hekzan, ksilen, stearin, kurşun, trimetilbenzen, etil toluen	+	UOB, Kurşun, Formaldehit	+
Akıllı Malzemeler	Yapıştırıcı ve Vernikler	Üre, melamin, fenol formaldehit	Etil benzen, benzen, toluen, stearin, formaldehit	+	UOB, Formaldehit	+
	Akıllı Malzemeler	-	TiO ₂	Bilinmiyor	-	+

Tablo 3.13: Yapı malzemelerinin İHK'ne olası olumsuz etkileri (lif, partikül ve koku).

Malzeme Türü	Malzemenin İçerisindeki Lif, Partiküllerin İnsan Sağlığını Olumsuz Etkilemesi	Malzeme Ömrünün Kısa Olması Nedeniyle Deforme Olduğunda Toz, Lif Oluşturması	Malzemelerin Fiziksel Özellikleri (Lifli Yapısı) Nedeniyle Partikül Oluşturması	Neme Dayanıksız Olup Biyolojik Kirletici Oluşturması	Duvar, Döşeme ve Tavanlarda Nem Etkisi ile Yoğuşma Oluşturması	Koku Oluşturma
Doğal Taşlar	Mermer	-	-	-	-	-
	Granit	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	-	-	-	+
Ahşap	Metaller	Kurşun gibi ağır metaller	-	-	-	+
	Doğal Ahşap	-	+	+	+	+
	Yapay Ahşap	UOB, Formaldehit	+	+	+	+
Kompozit Malzemeler	Çimento	Uçucu kül, fırın çürüfö	+	+	+	+
	Agrega	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	-	-	-	+
	Beton	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	-	-	+	+
	Tuğla	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	+	-	+	+
Pişmiş Toprak Esaslı Malzemeler	Seramik	Renklendirici, Koruyucular	-	-	-	+
	Alçı Sıva	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	+	+	+	+
	Alçı Levha	Kayaçlardaki uranyum, radyum, toryum elementleri	+	+	+	+
Yalıtım Malzemesi	Plastik	Vinil klorür, hidrokarbonlar, ağır metaller	+	-	+	+
	Cam Yünü	Taş ve cam yünü lifleri	+	+	+	+
Yapıştırıcı ve Vernikler	EPS, XPS	Petrokimyasallar	+	+	+	+
	Poliüretan Köpük	Petrokimyasallar	+	+	+	+
Akıllı Malzemeler	Boyalar	Solventler, kimyasal çözücüler	+	+	+	+
	Yapıştırıcı ve Vernikler	Solventler, kimyasal çözücüler	+	+	+	+
		TiO ₂	-	-	-	-

Tablolardaki bulgulara göre, bazı malzemelerin iç hava kalitesine olumsuz etkisi fazla olurken, bazılarının diğerlerine oranlar daha az olumsuz etkisi olduğu görülmüştür. İç mekan hava kalitesine hiçbir etkisi olmayan yapı malzemesi belirlenememiştir. Her malzemenin yukarıda belirlenen değişkenlerden en az birini taşıdığı gözlenmiştir. Böylece her malzemenin, iç hava kalitesi üzerinde mutlak etkiye sahip olduğu, olumsuz etkilerden az olması veya hiç olmaması durumunda sağlıklı iç mekan havası elde edilebileceği düşünülmektedir.

Malzemenin olumsuz etkileri; yapı ürünlerinde oluşan emisyon ve lif parçacıklarına göre iki başlıkta değerlendirilmiştir. Emisyon tablosunda; malzemelerin hammaddelerinde toksik madde olması, katkılarında zararlı içerik olması, üretiminde zararlı gaz açığa çıkması, kullanım sırasında salınım oluşturması, yapıların bakım-onarım ve yıkımında UOB, formaldehit oluşturması gibi etkenler baz alınmıştır (Tablo 3.12). Emisyonlara göre yapılan incelemelerde, hangi malzemede, bu beş özelliğin bulunup, bulunmadığı ve bu beş parametreye göre malzemelerin İHK üzerindeki olumsuz etkileri belirlenmiştir. Tablo 3.12'deki parametreleri yüksek oranda taşıyan malzemelerin; granit, çimento, agrega, beton, plastikler, yalıtım malzemeleri, boya ve vernikler, alçı esaslı malzemeler olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu malzemeler, yapısındaki toksik maddelerden dolayı, İHK üzerinde etkisi fazla olan ürünlerdir.

Buna göre, malzeme türleri içerisinde, iç hava kalitesi üzerinde en az olumsuz etkiye sahip malzemeler; mermer, doğal ahşap, akıllı malzemelerdir. Bu malzemeler haricinde, diğer malzemelerin tamamının yapısında; radon, UOB, formaldehit, kurşun, asbest gibi kirleticiler bulunabilmekte ve bu kirleticilere bağlı salınımlar oluşabilmektedir. Granitte; kayaç yapısındaki uranyum ve toryum nedeniyle radon, metallerde; kurşun bileşiği, diğer bazı ağır metaller, boyama işlemi nedeniyle UOB, yapay ahşapta ise; yapıştırıcı, vernik ve koruyucu işlemlerden dolayı UOB, formaldehit vardır. Çimento, agrega ve betonda; doğal kayaçlar nedeniyle radon, vermikülit agregaya bağlı olarak asbest, kurşun esaslı agregadan dolayı kurşun mevcuttur. Tuğlada; radon, seramikte; radon ile birlikte koruyucu, yapıştırıcılar, renklendiriciler nedeniyle UOB bulunmaktadır. Dolayısıyla her malzemenin içeriğinde, İHK'ni etkileyen maddeler vardır. Hangi malzemede, hangi kirleticinin olduğu, bu kirleticilere bağlı oluşan salınımların hangi ürünlerde ortaya çıktığı Tablo 3.12'de detaylı olarak verilmiştir (Tablo 3.12).

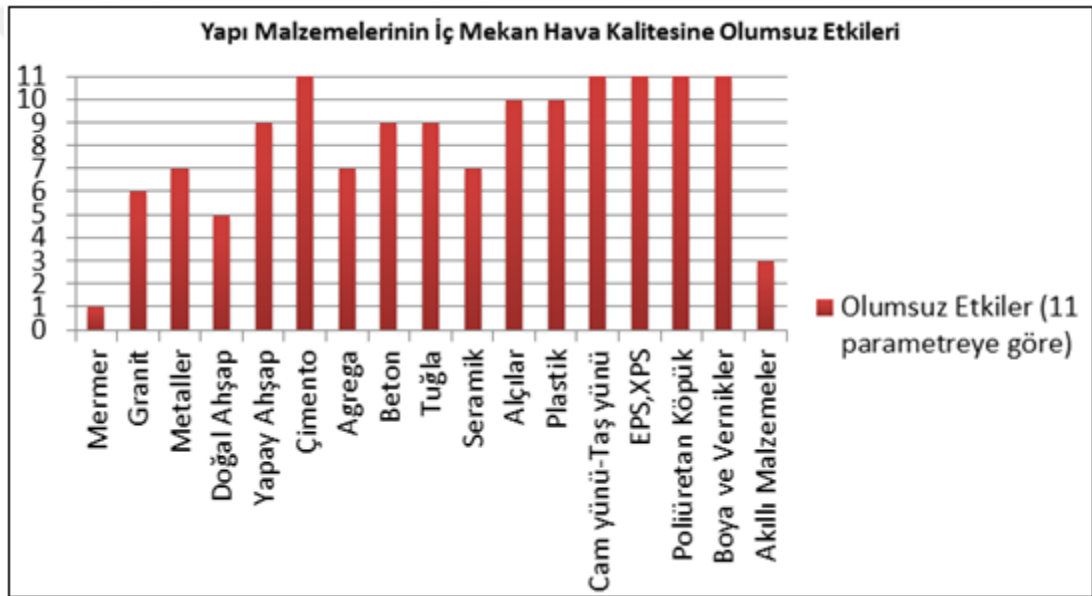
Partikül ve koku tablosunda ise; malzemelerin içerisindeki lif, taneciklerin insan sağlığı için risk taşıması, malzemenin erken bozularak toz, kirletici oluşturması, malzemenin fiziksel yapısından dolayı lif, toz, parçacık yayması, neme karşı dayanıksız olmasından dolayı biyolojik kirletici oluşturması, nem etkisi ile yapı elemanlarında rutubet, yoğunlaşma oluşturması, koku yayarak hava kalitesini bozması gibi kriterlere göre değerlendirme yapılmıştır (Tablo 3.13). Bu tablodaki 6 farklı değişkene göre, malzeme türlerinin bu özelliklerden hangisi taşıyıp, taşımadığı saptanmaya çalışılmıştır. Malzemelerin partikül ve koku yönünden ele alındığı bu incelemeye göre; mermer, akıllı malzemeler bu niteliklere yüksek oranda sahip olmadıklarından İHK'ne olumlu katkı sağlamaktadırlar. Boyalar, yalıtım malzemeleri, plastik, yapıştırıcı ve vernikler, yapay ahşap gibi malzemeler ise bu olumsuz özelliklerin çoğunu taşımaktadır.

Bir malzeme emisyon açısından olumsuz etkilere sahipken, dayanımı ve mukavemetinin yüksek olması ya da fiziksel özellikleri nedeniyle iç hava kalitesini olumlu etkileyebilmektedir. Örneğin; granit, radon salınımına bağlı olarak iç hava kalitesini olumsuz etkilemekte, ancak malzeme ömrünün uzun olması, lifli yapıda olmaması gibi özellikleriyle iç mekanlarda toz, kir ve parçacık oluşturmamaktadır. Doğal ahşap malzeme ise, ürünün saf özünü yüksek oranda koruması nedeniyle salınım oluşturmamakta, kullanıcılara sağlıklı bir iç hava ortamı sunmaktadır, ancak neme karşı dayanıksız olması nedeniyle biyolojik kirletici oluşturabilmektedir. Mermer, hem emisyon hem de partikül ve koku tablosuna göre, olumsuz etkileri az olan malzemelerdendir. Akıllı malzemelerde; yine emisyon, partikül ve koku oluşturma açısından İHK'ne olumsuz etkisi az olan malzemeler olarak sınıflandırılabilirler. Yalıtım malzemeleri ise, içeriklerindeki kimyasallara bağlı olarak emisyon oluşumuna neden olmakta, aynı zamanda lifli yapıları nedeniyle iç mekanda toz, kir ve parçacık oluşturmaktadırlar. Boyalarda; üretimi sırasında kullanılan kimyasallar nedeniyle UOB ve formaldehit yaymakta, bunun yanı sıra malzeme ömrünün kısa olması nedeniyle, iç mekanda toz, parçacık meydana getirmektedirler. Koku tablosuna göre; plastikler, boya ve vernikler, yapay ahşap malzemeler İHK'ni en çok etkileyen ürünlerdir. Sonuç olarak malzemenin fiziksel (lifli yapıda olması) ve biyolojik (malzeme ömrünün kısa olması) özellikleri, dayanımı, salınım oluşturması, koku yayması gibi birçok faktör, bu ürünlerin İHK'ne etkisini belirlemektedir.

Bu değerlendirmelere göre mermer ve doğal ahşap, doğal yapısını büyük ölçüde koruyan malzemelerdir. Granit, imento, agrega, beton; bu ürünlerde doğal kayaçların hammadde olarak kullanılmasından dolayı, radon oluşturabilmektedir. Yapay ahşap, boya, alçı, yalıtım malzemeleri ise UOB ve formaldehit salınımına neden olmaktadır. Ayrıca alçı ve yalıtım malzemeleri, UOB ve formaldehitin gibi kirleticilerin yanı sıra radon, eski yapılarda asbest gibi kirleticileri de yapısında bulundurmaktadır. Plastik ve boyalar ise UOB ve formaldehitin yanı sıra kurşun, kadmiyum kullanımına bağlı olarak ağır metallerde içerebilmektedirler. Ancak bu tespitler, malzemelerin genel sınıflandırmasına göredir; dolayısıyla her malzemenin kendi türevlerinde, bu kirleticiler ve kirleticilerin oranı değişebilmektedir. Örneğin; solvent içerikli boyalar, su bazlı boyalara göre daha fazla UOB yaymaktadır. Kurşun içerikli boyalarda kirletici madde; kurşunken, solventli boyalardaki kirletici; uçucu organik bileşiklerdir. Doğal taşların radyoaktivite oranları (granit), beton, imento, agrega ve tuğlaya göre daha fazla olabilmektedir. Yapay ahşap malzeme ve boyalardaki UOB salınımları, alçı levha ve yalıtım malzemelerine göre daha yüksek olabilmektedir. Ancak literatürde yapılan bazı deneysel çalışmalarda, yapay ahşap levha ve alçı levhaların üzerinde, kaplama olarak herhangi bir malzemenin kullanılması durumunda, yapı ürününde oluşan salınım oranlarını azalabildiği gözlemlenmiştir.

Bu bulgulara göre, malzemelerin iç hava kalitesine farklı etkileri vardır. Örneğin; doğal ahşap saf özünü koruduğu için hiçbir toksik madde barındırmamaktadır, ancak bu malzeme suya ve neme dayanıksız olduğundan mantar, kf gibi biyolojik kirleticiler oluşturmasından dolayı, yapı elemanlarında abiyotik bozunma meydana getirmektedir. Bu deformasyonu engellemek için emprenye işlemi yapıldığında da malzeme doğal halini kaybetmekte, cila ve vernikler malzemeye uygulanmakta, bunun sonucunda salınımlar ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, bu bakış açısıyla yapılan inceleme ve değerlendirme sonuçlarında, belirlenen etkenler (11 olumsuz özellik) baz alınarak tüm malzemelerin İHK'ne etkisi, bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır. Bu nedenle, hangi malzemenin, Tablo 3.12 (emisyon) ve Tablo 3.13 (partikül, lif, koku)'deki 11 olumsuz parametrenin, kaç adetini taşıdığı saptanarak, aşağıdaki şekilde (şekil 3.3) tüm veriler derlenmiş, ortaya konulmuştur. Mermer; 11 olumsuz etkenin sadece 1'ini, granit; 11 olumsuz etkenin 6'sını taşımaktadır. Metaller; 11 olumsuz etkenin 7'sini taşımaktadır. Doğal ahşap; 11 olumsuz etkenin 5'ini, yapay ahşap; 11 olumsuz etkenin 9'unu

taşımaktadır. Çimento; 11 olumsuz etkenin hepsini, agrega; 11 olumsuz etkenin 7'sini, beton; 11 olumsuz etkenin 9'unu taşımaktadır. Tuğla; 11 olumsuz etkenin 9'unu, seramik; 11 olumsuz etkenin 7'sini, alçı malzemeler; 11 olumsuz etkenin 10'unu taşımaktadır. Plastikler; 11 olumsuz etkenin 10'unu, yalıtım malzemeleri 11 olumsuz etkenin hepsini taşımaktadır. Boyalar, yapıştırıcı ve vernikler, 11 olumsuz etkenin hepsini, akıllı malzemeler ise 11 olumsuz etkenin 3'ünü taşımaktadır. Bu sayısal verilere göre yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesine etki oranları tespit edilmiştir. Yapı malzemelerinin iç hava kalitesine etki oranları belirlenirken; Tablo 3.12, Tablo 3.13 olumsuz parametreler baz alınmıştır, böylece yapı ürünlerinin birbiriyle kıyaslanmasıyla aşağıdaki oranlar elde edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Yapı malzemelerin İHK'ne etki oranları.

Bu değerlendirme sonuçlarına göre, iç hava kalitesine en çok olumsuz etkisi olan malzemeler, plastikler, boyalar, yapıştırıcı ve vernikler, XPS, EPS gibi yalıtım malzemeleri, beton, yapay ahşap, alçı sıva ve levhalardır. Bu malzemelerden; yapay ahşap, yalıtım malzemeleri, yapıştırıcı, boya, vernikler, yüksek oranda UOB ve formaldehit içermektedirler. Alçılarda, alçıtaşının doğal yapısı nedeniyle radon, eski yapılarda kullanılan asbest malzeme nedeniyle asbest lifleri, ayrıca UOB ve formaldehit salınımı vardır. Betonda ise, vermikülit esaslı agregalar nedeniyle asbest, doğal kayalar nedeniyle radon, kurşun esaslı agregalar nedeniyle kurşun gibi zararlı içerikler bulunmaktadır. Emisyon tablosuna (Tablo 3.12) göre elde edilen bu veriler

dışında, yapı malzemelerinin diğer bazı olumsuz etkileri de vardır. Doğal ahşabın neme dayanıksız olması nedeniyle, biyolojik kirlenici oluşturması, solvent içerikli boyaların koruyucu ve vernik katmanları nedeniyle duvar elemanında buhar geçişini engellemesi sonucunda, kapalı ortamlarda rutubet oluşturması bu duruma örnek verilebilir.

Bu sonuçlar, malzemenin genel özelliklerine göre belirlenmiştir. Örneğin; boyaların UOB yaydığı bilinmektedir. Bu özellik nedeniyle, bu malzemenin iç hava kalitesine olumsuz etkisi fazladır. Ancak malzemenin türlerinden; solvent içerikli boyalar, kurşun esaslı boyalar, su bazlı boyalar, lateks boyalar, yağlı boya, akrilik boyaların, her birinin iç hava kalitesine etkisi farklı ölçeklerde olabilir. Kurşun esaslı boyalarda; metalik kurşun nedeniyle, kurşun salınımları meydana gelirken, solvent içerikli ve su bazlı boyalarda; UOB ve formaldehit salınımı oluşmaktadır. Konsantrasyon bazında bakıldığında ise, solvent içerikli boyalara bağlı oluşan emisyonlar, su bazlı boyalara göre daha fazla olmakta ve insan sağlığı daha çok olumsuz etkilemektedir.

Malzemelerin iç hava kalitesine etki değerlendirmesine göre, doğal ahşaplar; kapalı ortamlarda karbondioksit tutarak, akıllı malzemeler ise; TiO_2 parçacığının fotokataliz etkisiyle; ortamdaki zararlı bileşik oranını azaltarak, iç hava kalitesini artırmaktadır. Bunun yanı sıra, yalıtım malzemeleri; yapıyı ısı kayıplarından koruyarak, İHK ile ilgili olan sıcaklık ve nem değişkenlerinin, kapalı mekanlarda dengelenmesine yardımcı olurlar. Tuğla gibi malzemeler ise; hammadde olarak topraktan elde edildiği için, malzeme saf halini koruduğundan dolayı, düşük yayımlı malzeme olmasıyla iç hava kalitesini olumlu etkilemektedir.

Bu bölümde, literatür araştırmasına dayalı yapılan incelemelere göre, malzemelerin, emisyon, lif ve koku parametrelerine göre İHK'ne olumsuz etkileri saptanmıştır (Tablo 2.12, Tablo 2.13). Bu etkilerin malzemelerde yoğun veya seyrek olmasına göre de etki değerlendirmesi yapılmıştır. Tablolarda belirlenmiş parametreler baz alınarak, elde edilen sayısal verilerle de bu malzemelerin etkilerinin karşılaştırmalı oranları tespit edilmiştir (Şekil 3.3). Bu değerlendirme sonucunda, elde edilen veriler sonuç bölümünde ortaya konulmuştur.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapıların inşa edilmesindeki en önemli amaç, kullanıcıların gereksinimlerini karşılayarak, insanlara güvenli, konforlu, yaşanabilir ortamlar sunmaktır. Kapalı mekanlarda güven ve konfor ortamını oluşturmak, iç çevrede ortam kalitesini sağlamakla mümkündür. Bu bağlamda, iç ortam kalitesinin temel bileşenleri olan, termal konfor, görsel ve akustik konforun yanı sıra iç mekan hava kalitesinin de yapı tasarımlarında dikkate alınması gereklidir. İç mekan hava kalitesini etkileyen birçok parametre vardır. Bu etkenler; iç çevre koşullarına bağlı olarak iç hava kirlleticileri, yapı malzemeleri, iç mekan ekipmanları, yapı içerisindeki kullanıcı yoğunluğu ve kullanıcı aktiviteleridir. Bu değişkenlere göre, kapalı mekanlardaki iç hava kalitesi de değişmektedir.

İç hava kalitesinde önemli rolü olan yapı malzemeleri, iç hava üzerinde olumlu ve olumsuz etkilere sahiptir. Bu etkilerin oranına göre, kapalı ortamlar sağlıksız alanlara dönüşebilmektedir. İç hava ortamının sağlıksız olmasından dolayı hasta bina sendromu gibi hastalıklar meydana gelmekte ve bu hastalıklar geç fark edilmektedir. Konforlu mekanlar için, yapıyı oluşturan bütün mimari eleman ve detayların bu koşulları sağlayacak nitelikte olması önemlidir. Ayrıca yapı malzemelerine bağlı olarak iç mekanda hava kirliliğinin oluşmasını da engellemek gerekmektedir.

İç mekan hava kalitesinin belirlenmesinde temel etken, iç hava kirliliği ve bu kirliliğin kaynaklarıdır. İç çevrede oluşan hava kirliliği, kirleticilerin hava içerisine yayılması ve hava ortamı içindeki derişiminin yüksek olması ile oluşmaktadır. Bu nedenle UOB, formaldehit, radon, asbest, kurşun, PVC, zararlı gazlar gibi tüm kirleticilerin kapalı ortamlardaki konsantrasyonları dikkate alınmalıdır.

Bu tez kapsamında; geleneksel malzemeler (doğal taşlar, doğal ahşap, pişmiş toprak esaslı ürünler) ve sanayi devriminden sonra üretilen malzemelerin (beton ve beton katkıları, yapay ahşap, metaller, plastikler, yalıtım malzemeleri vb.) iç mekan hava kalitesine etkisi incelenmiştir. Bu ürünlerden; mermer, granit, metaller, doğal ve yapay ahşap, çimento, agrega, beton, tuğla, seramik, alçı ürünleri, plastik, cam yünü, taş yünü, EPS, XPS, poliüretan köpük, boyalar, yapıştırıcı ve vernikler, akıllı malzemeler (fotokatalitik, lotus etkili nanomalzemeler) bütüncül bir yaklaşımla genel özelliklerine (fiziksel, biyolojik, kimyasal) göre ele alınmıştır. Tüm bu malzeme

türlerinin, iç mekan hava kalitesine etkileri irdelenerek, çalışmanın sonuçları bu bölümde değerlendirilmiştir.

Yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesi üzerinde, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri nedeniyle etkileri vardır. Yapı malzemelerinin iç hava kalitesindeki rolü üzerine yapılan bu çalışmadaki değerlendirme sonuçlarına göre, iç hava kalitesine hiçbir etkisi olmayan yapı ürününe rastlanmamıştır. Böylece her malzemenin;

- Malzemenin fazla emisyon, partikül ve lif oluşturması (granit, yapay ahşap, plastikler, yalıtım malzemeleri, boya ve vernikler)
- Malzemenin doğal ve saf özünü koruyan niteliği nedeniyle düşük yayımlı olması (mermer, doğal ahşap)
- Malzemenin, toksik maddeleri; fotokataliz, lotus etkisi veya karbon tutucu özelliğiyle nötralize ederek, iç hava kalitesini artırması (doğal ahşap, akıllı malzemeler)

gibi iç mekan hava kalitesindeki olası etkileri belirlenmiştir.

Ancak yapı malzemelerinden; özellikle yapay ahşap, yalıtım malzemeleri, boya, yapıştırıcı ve vernikler, plastik gibi malzemelerin, emisyon salınımı yüksek olduğundan, iç hava kalitesi üzerinde olumsuz etkilerinin fazla olduğu görülmüştür. Mermer, doğal ahşap, akıllı malzemeler ise; diğer malzemelere oranla iç hava kalitesine olumlu katkı sağlayan, bunun yanı sıra İHK üzerindeki olumsuz etkileri en az olan yapı ürünleridir. Fakat bu değerlendirme, malzemelerin genel özelliklerine göre yapılmıştır. Her malzemenin kendi çeşitleri bazında (metaller; çelik, alüminyum, çinko, bakır vb.) iç mekan hava kalitesine etki analizi yapılacak olursa; bu çalışma deneysel yöntemlere dayalı olmalıdır. Örneğin; boyalar içerisinde kimyasal barındırdıkları için fazla emisyon salınımı gerçekleştirirler. Ancak solventli ve kurşun içerikli boyaların emisyon oranı, su bazlı boyalara göre daha fazladır. Aynı şekilde kurşun içerikli boyalardaki kirlenici türü ile solventli boyalardaki toksik maddenin de türü değişmektedir. Birisinde ağır metal emisyonları, diğerinde ise yüksek oranda UOB salınımı meydana gelmektedir. Bu nedenle her malzemenin, üretim aşamasından, kullanım aşamasına kadar İHK'deki rolü farklılaşmaktadır. Kesin bulgular için deneysel yöntemlere ihtiyaç vardır. Bu nedenle, bu tez kapsamında İHK ve yapı malzemeleri arasındaki bağıntı üzerine farkındalık

oluşturmak amacıyla bütüncül bir perspektifle yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesi etkisi incelenmiştir. Buna göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Bu bağlamda yapı malzemelerinin, ürün bazında iç mekan hava kalitesine etkisi, genel çerçevede değerlendirilerek Tablo 4.1 hazırlanmıştır:

Tablo 4.1: Yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesine etkisi.

Malzeme türleri	İç Mekan Hava Kalitesine Etkileri	
Mermer	<ul style="list-style-type: none"> -İç hava ortamını olumsuz etkileyecek, toksik, kirlenici madde barındırmaz. -Düşük yayımlı malzeme olduğundan az miktarda emisyon üretirler. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mukavemeti yüksek olduğundan, sert ve dayanıklı olduğundan toz, kir, parçacık oluşturmaz.
Granit	<ul style="list-style-type: none"> -Üretildiği kayaların yapısındaki radyum, uranyumunun bozunması nedeniyle radon salınımına neden olur. -Yapısında bazı kirlenici maddeleri içermesine rağmen, yapay ahşap, yalıtım malzemeleri, boya ve vernikler kadar emisyon üretmez. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mukavemeti yüksek olduğundan, sert ve dayanıklı olduğundan toz, kir, parçacık oluşturmaz.
Metaller	<ul style="list-style-type: none"> -Malzemelerde kullanılan katkıları nedeniyle kurşun, arsenik gibi ağır metaller içerir. -Ayrıca metalik boyama işlemlerine bağlı olarak UOB salınımına neden olabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> -Düşük yayımlı malzeme olduğundan az miktarda emisyon üretirler. -Mukavemeti yüksek olduğundan, sert ve dayanıklı olduğundan toz, kir, parçacık oluşturmaz.
Doğal Ahşap	<ul style="list-style-type: none"> -Saf özünü koruduğu için iç hava kalitesini olumsuz etkilemez. Ancak malzemenin ömrünü ve dayanımını artırmak için, malzemeye uygulanan koruyucu ve vernikler kimyasal içerebilir. -Neme dayanıksız olmasından dolayı biyolojik kirlenici oluşturabilir. -Hızlı deforme olması durumunda, kullanım sırasında toz, kir ve parçacık oluşturabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> -Doğal saf özünü yüksek oranda koruduğu için kirlenici içermez ve hava kalitesini olumlu etkiler. -Ayrıca karbon tutucu özelliğiyle, zararlı gazlardan CO₂'nin hava içerisindeki konsantrasyonunu azaltarak iç hava kalitesini artırmaktadır.

Tablo 4.1: Devam

Malzeme türleri	İç Mekan Hava Kalitesine Etkileri	
Yapay Ahşap	-Yapıştırma ve vernik işlemlerinde kullanılan, formaldehit, tolüen ve ksilen gibi kimyasallar nedeniyle iç hava kalitesini olumsuz etkiler. UOB ve formaldehit salınımına neden olur.	
Çimento	-Çimentonun elde edildiği hammaddelerin, katkıların (firin çürufu) uranyum, toryum barındırmasından dolayı radon salınımına ortaya çıkmaktadır. -Ayrıca çimento üretiminde kullanılan uçucu kül hem üretim yerlerinde de hem de kapalı ortamlarda iç ve dış hava kirliliğine neden olmaktadır.	
Agrega	-Doğal kayalardan elde edildiği için radon salınımına neden olur. -Ayrıca vermikülden üretilen agregalarda asbest, kurşun esaslı agregalarda kurşun gibi kirleticiler içermektedir.	-Düşük yayımlı malzeme olduğundan az miktarda emisyon üretirler.
Beton	-Yapısında, kurşun ve vermikülit esaslı (asbest) agregalar, melamin, formaldehit sülfanatlar, naftalen sülfanatlar reçine tuzları gibi maddeler üretiminde kullanılmaktadır. Bu nedenle radon, asbest, kurşun gibi kirleticileri içerebilmektedir.	-Düşük yayımlı malzeme olduğundan az miktarda emisyon üretirler.
Tuğla	-Üretildiği toprak ve kayaç yapısındaki elementlerin bozulmasıyla radon salınımına neden olabilir.	-Düşük yayımlı malzeme olduğundan az miktarda emisyon üretirler.
Seramik	-Seramik harcında kullanılan renklendirici ve koruyuculardaki Cr ⁺⁶ ve yapıştırımda kullanılan maddeler (tolüen, ksilen) UOB, formaldehit salınımına neden olabilir.	-Düşük yayımlı malzeme olduğundan az miktarda emisyon üretirler.
Alçı sıva Alçı levha	-Alçı taşının yapısındaki doğal maddelerden dolayı radon salınımı ortaya çıkarır. -Ayrıca alçı levhaların yapıştırılmasında kullanılan formaldehit reçineler UOB salınımına neden olur.	-Yalıtım sağlayarak, iç hava kalitesini etkileyen sıcaklık ve nemin dengelenmesinde etkilidirler.
Plastik	-Bazı plastiklerin üretiminde kullanılan kadminyum, kurşun, krom, civa, DHEP, benzen gibi kimyasallar emisyon oluşturmaktadır. -Ayrıca bu malzeme yandığı zaman zehirli bir gaz olan dioksin bileşiği açığa çıkmaktadır.	

Tablo 4.1'in devamı

Malzeme türleri	İç Mekan Hava Kalitesine Etkileri	
Cam yünü Taş yünü	<p>-Cam yünü lifli yapısından dolayı üretiminde ve kullanıldığı yerlerde toz, lif ve parçacık oluşturabilir.</p> <p>- Ayrıca taş yünü ve cam yününün yapıştırılmasında kullanılan melamin, üre ve fenol formaldehit reçineleri emisyon oluşturmaktadır.</p>	<p>-Yalıtım sağlayarak, iç hava kalitesini etkileyen sıcaklık ve nemin dengelenmesinde etkilidirler.</p> <p>-Bunun yanı sıra silis kumu, kireç taşı, bazalttan üretildikleri için radon salınımına neden olurlar.</p>
XPS, EPS, poliüretan köpük	<p>-Fiziksel özellikleri ve malzeme ömrünün kısa olması nedeniyle toz, kir, partikül oluşturabilir.</p> <p>-Yapısında asetaldehit, etil benzen, formaldehit ve stearin kullanıldığı için iç hava kirleticileri oluşturmaktadır.</p>	<p>-Yalıtım sağlayarak, iç hava kalitesini etkileyen sıcaklık ve nemin dengelenmesinde etkilidirler.</p>
Boyalar	<p>-Asetaldehit, benzen, etil benzen, tolüen, formaldehit, hegzan, ksilen, stearin, kurşun, trimetil benzen, eti tolüenin kullanıldığı boyalar iç mekan hava kalitesini olumsuz etkilemektedir.</p> <p>-Ayrıca boya pigmentlerinde ağır metaller de kullanılmaktadır. (Kurşun esaslı boyalar gibi)</p>	<p>-Malzeme ömrü kısa olduğu için çabuk bozunarak partikül oluşturabilirler.</p> <p>-Boyaların türüne göre salınım oranları değişmektedir. Kurşun esaslı boyalar, solvent içerikli boyalar; su bazlı boyalara göre daha fazla emisyon oluşturmaktadır.</p>
Yapıştırıcı ve vernikler	<p>-Yapısında iç hava kalitesini olumsuz etkileyen, etil benzen, benzen, formaldehit, stearin, tolüen gibi kimyasallar bulunmaktadır.</p>	
Akıllı malzemeler (Fotokatalitik, lotus etkili)	<p>-Fotokatalitik etkili nanomalzemelerdeki TiO_2 insan sağlığına zararlı bir bileşendir.</p>	<p>-Toksik maddeleri fotokataliz özelliğiyle parçalayarak, iç mekan havasının temizlenmesine yardımcı olmaktadır.</p>

Yapı malzemelerinin iç mekan hava kalitesine etkisi, her ürün için değerlendirilmiştir. Buna göre malzemeler, toksik madde içerme, emisyon oluşturma, partikül, küf oluşturma, koku yayma, iç mekan havasını temizleme gibi özelliklere göre irdelenerek yapı ürününün iç mekan hava kalitesini nasıl etkilediği, belirlenmiştir. Malzemelerin iç mekan hava kalitesine etki türü, birbiriyle kıyaslanıp karşılaştırılarak aşağıda verilmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Yapı ürünlerinin iç hava kalitesine etki türü.

Malzeme Türü	Toksik Madde İçerme	Emisyon Oluşturma	Toz, Küf Partikül Oluşturma	Koku Yayma	İç Mekan Havaasını Temizleme
Mermer	☺	☺	☺	☺	⊖
Granit	☹	☹	☺	☹	⊖
Metaller	☹	☹	☺	☺	⊖
Doğal ahşap	☺	☺	☹	☺	☺
Yapay ahşap	☹	☹	☹	☹	⊖
Çimento	☹	☹	☹	☹	⊖
Agrega	☹	☹	☹	☺	⊖
Beton	☹	☹	☹	☺	⊖
Tuğla	☹	☹	☹	☺	⊖
Seramik	☹	☹	☹	☺	⊖
Alçı sıva Alçı levha	☹	☹	☹	☹	⊖
Plastik	☹	☹	☹	☹	⊖
Cam yünü Taş yünü	☹	☹	☹	☹	⊖
EPS, XPS, Poliüretan köpük	☹	☹	☹	☹	⊖
Boyalar	☹	☹	☹	☹	⊖
Yapıştırıcı ve vernikler	☹	☹	☹	☹	⊖
Akıllı malzemeler	☹	☺	☺	☺	☺

☺: Olumlu Etkili (Kirlenici, emisyon, koku içermeyen)
☹: Olumsuz Etkili (Kirlenici, emisyon, koku içeren)
⊖: Etkisiz

4.1. Sağlıklı İç Mekan Hava Kalitesi İçin Önlem ve Öneriler

Malzeme seçiminde estetik, maliyet, elverişlilik ve sürdürülebilirlik parametreleri etkili olmaktadır. İç mekan hava kalitesinin artırılması ise, sağlıklı yapı malzemelerinin seçilmesi ile mümkündür. Sağlıklı yapı malzemeleri, ekolojik ürün kriterlerini karşılayan, bununla birlikte de yapılarıdaki kullanım amacı ve teknik gereksinimlere cevap veren malzemelerdir. Sürdürülebilir malzemeler, kaynak

etkinliği, enerji ve su etkinliği sağlayan, atıkları azaltma ve i hava kalitesini arttırma özelliği taşıyan malzemelerdir. Sürdürülebilir malzeme seçiminde amaç;

- Yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin farkında olmak
- Malzemenin yaşam döngüsü boyunca, enerji etkinliği ve kaynak korunumunu sağlayarak, doğal kaynakların tüketimini azaltmak
- Kullanıcı konforunu sağlamak
- Atıkların geri dönüşümü ile atık miktarını azaltmaktır.

Sürdürülebilir malzemeler;

- İ hava kalitesini artıran
- Yapının inşa edilmesi, kullanılması ve yıkılması aşamasında oluşan atıkları, geri dönüştürülebilen veya yeniden kullanılabilen
- UOB, formaldehit ve diğer toksik maddelerin salınımını azaltan malzemelerdir.

Bu bağlamda; sürdürülebilir olarak tanımlanan malzemelerin, sağlıklı olma koşulunu da yerine getirdiği görülmektedir. Bu kapsamda, i hava ortamının iyileştirilmesi için yapı malzemelerinin şu nitelikleri taşması gerekmektedir:

- Malzemelerin zararlı içerikli olmaması
- Malzemelerde zararlı içeriklerin kullanılması durumunda, bu kimyasalları tutucu veya etkisini nötralize edici maddelerle toksisite oranları azaltılması. (Seramiklerde Cr^{+6} bileşiğiyle üretilen yapıştırıcılarda toksik etkiyi azaltmak için $FeSO_4$ kullanılması gibi)
- Malzemelerin emisyon oluşurmaması, ancak salınım önlenemiyorsa malzemenin oluşturduğu kirletici konsantrasyonlarının, standart değerlerin altında olması
- Malzemelerin retimi sırasında kullanılacak hammaddeler ve katkılarla ilgili zararlı içerik testlerinin yapılması, olabildiğince az zararlı içeriğe sahip hammadde ve katkıların, yapı ürünlerinde kullanılması
- Malzemenin doğal hali korunarak, olabildiğince az katkı kullanılması

Yapılar için bu özellikteki malzemelerin seçilmesi, insan sağlığı ve kullanıcı konforuna uygun bir iç hava kalitesinin, elde edilme potansiyelini arttırmaktadır. Bu nedenle olumsuz etkileri yüksek olan;

- plastik esaslı poliüretan malzemeler ve plastik esaslı yalıtım malzemeleri
- solvent ve kurşun esaslı boyalar
- eski yapılar için asbest esaslı malzemeler
- lifli yapı malzemeleri
- cilalı kaplama ürünleri
- PVC ve sağlıksız plastikler
- yüksek emisyonlu malzemeler
- toksisite oranı fazla olan malzemeler

yapılarda olabildiğince az kullanılmalıdır. Bu malzemeler yerine;

- düşük salımlı
- üretimi sırasında zehirli gazlar açığa çıkarmayan
- içerisindeki katkılarda ve hammaddesinde, zehirli içerik bulunmayan veya üretiminde kullanılan kimyasalların oranı, standartlardaki değerlerin altında olan
- malzemenin kullanımı, bakım ve onarımı aşamalarında, emisyon, toz, parçacık oluşturmayan
- kullanım ömrü uzun ve dayanımı yüksek olduğu için hızlı eskimeyen
- bozulması halinde, iç çevrede fazla kirlilik oluşturmayan
- iç hava kirleticilerinin yayılmasını önleyecek şekilde, mukavemeti yüksek olan
- çevresel performansı ve etkileriyle iç hava kalitesini artıran

malzemeler tercih edilmelidir. Ayrıca iç hava kalitesini etkileyen;

- yapılarda uygun sıcaklık, nem koşullarının oluşturulması
- yapıların düzenli havalandırılması

- HVAC sistemleri, tekstil ürünleri gibi iç mekan donanımların doğru seçilmesi
- bozunma ve eskimeye karşı dayanıklı sistem ve ürünlerin seçilmesi
- gerekli performansı sağlamada yapı malzemelerinin başarısız olduğu sürenin farkında olunarak, bozunma ve olumsuz etkilere karşı, düzenli aralıklarla bakım-onarımının yapılması

gibi hususlara, yapıların tasarımı, inşası ve kullanımı sırasında dikkat edilmelidir.

Sonuç olarak, geleneksel malzemelerin insan sağlığı ve kullanıcı konforu açısından daha uygun malzemeler oldukları anlaşılmaktadır. Yapay malzemeler ise, üretiminde kullanılan kimyasallar, yapıştırıcı ve vernikler nedeniyle uçucu organik bileşik, formaldehit zararlı salınımlar meydana getirmekte ve kullanıcı sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu etkileri en aza indirmek için;

- Binaların yapım, bakım ve onarım, iyileştirme, yenileme aşamalarında kullanılan boya, derz, dolgu, sıva, kompozit panel, kaplama gibi tüm malzemeler, binada kirleticilerin yayılmasını engelleyen dayanıklı ürün ve sistemlerden seçilmelidir.
- Kimyasalların veya toksik maddelerin, malzemenin içeriğinde ya hiç bulunmadığı ya da kullanıcılarda zararlı etki oluşturmayacak düzeyde olduğu, sağlıklı ürünler tercih edilerek, ekolojik iç çevre koşulları yapılarda oluşturulmalıdır.
- Malzeme seçiminde, iç hava kalitesi açısından yapı malzemelerinin iç ortam hava kirliliğine etkisi dikkate alınmalıdır.
- Endüstride de ekolojik tasarım kriterlerine uygun malzeme üretimi sağlanmalıdır.
- Yapı malzemelerinin üretiminde zararlı ürün kullanılmamalı, toksik içerikli kimyasalların kullanımı olabildiğince en aza indirilmelidir.
- Yapılarda kullanılacak yapı malzemelerinin, az yayımlı, düşük emisyonlu, toksik madde içeriğine sahip olmayan veya az seviyede kimyasal içeren özellikte olmasına dikkat edilmelidir.
- Ancak, öncelikli olarak inşaat sektöründe görev alanların ve kullanıcıların bu konuda bilinçli olması önem arz etmektedir. Yapı malzemelerinde kullanılan katkı maddelerinin içerikleri ile ilgili firmaların tanıtım broşürleri hazırlaması da tasarımcıların bilgi sahibi olmasını kolaylaştıracaktır.

KAYNAKLAR

Akal D., (2013), “İç Ortam Hava Kirliliği ve Çalışanlara Olumsuz Etkileri”, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Çalışma Dünyası Dergisi, 1 (1), 112-119.

Akgül M., (2010), “Yapılarda Huzur Kriterlerinin İncelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi.

Alptekin O., Çelebi G., (2015), “Toz Partiküllerinin İç Mekan Hava Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi”, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8 (1), 30-49.

Altın S. H., (2015), “İç Ortam Hava Kirliliğinin Doğurabileceği Sağlık Etkileri”, Bitirme Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

Annex B.,(1982) , “Exposure From Natural Sources of Radiation; Report of The United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR Report”, Technical Report No: E.82.IX.8 06300P, United Nations Scientific Committee, New York, USA.

Arda M., (2000), “Temel Mikrobiyoloji”, 2.Baskı, Medisan Yayın Serisi.

Arıcı M., Seçilmiş M., (2005), “Kapalı Yüzme Havuzlarının Nem Kontrolü ve Ekonomik Olarak İklimlendirilmesi”, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 477-492, İzmir, Türkiye, 23-26 Kasım.

ASHRAE, (2001), “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating”, Standard 62-2001, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Ayçam İ., (2011), “Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1593-1598, İzmir, Türkiye, 13-16 Nisan.

Aydın D.,(2017), “Yüksek Katlı Konut Yapılarında İç Ortam Kalitesinin Enerji Verimliliği ve Kullanıcı Konforuna Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi.

Baek S., Kim O., Perry R. (1997), “Indoor Air Quality in Homes, Offices and Restaurants in Korean urban Areas, indoor/outdoor Relationships. Atmospheric Environment”, Atmospheric Environment, 31 (4), 529–544.

Balanlı, A., Taygun, G.T., (2002), “Polivinil Klorürün Çevreye Etkilerinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, I. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 403-413, İstanbul, Türkiye, 9-13 Ekim.

Balanlı A., Vural S.M., Taygun G.T., (2004), “Yapı Ürünlerindeki Radonun Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 378-386, İstanbul, Türkiye, 6-8 Ekim.

Balanlı, A., Vural, M. S., Taygun, T. (2006), “Yapı Ürünlerindeki Formaldehitin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, 3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, 430-438, Ankara, Türkiye, 15-17 Kasım.

Balanlı A., Darçın P., (2012), “Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 128, 33-41.

Berglund B. A , (1982), “Longitudinal Study of Air Contaminants in a Newly Built Pre-school”, Environment International, 8, 11-115.

Brookins, D. G., (1990), “The Indoor Radon Problem”, Columbia University Press, New York, USA, ISBN: 0-231-06748-8.

Bulgurcu, H., İlten, N., Coşgun, A., (2008), “Okullarda İç Hava Kalitesi Problemleri ve Çözümler”, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 96, 59-72.

Bulgurcu H., (2015), “Havalandırma ve İç Hava Kalitesi”, Havalandırma Tekniği Ders Notları, Balıkesir Üniversitesi.

Bushnell PJ, Jaeger RJ., (1986), “Hazards to Health From Enviromental Lead Exposure: a Review of Recent Literature”, Veterinary and Human Toxicology, 28 (3), 255-261.

Ceylan A., (2011), “İklimlendirme Sistemlerinin Yapı İçi Hava Niteliği Üzerindeki Olumsuz Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Chau, C., Wu, S. H. and Yen, G. C., (2007), “The Development of Regulations for Food Nanotechnology”, Trends in Food Science & Technology, 18, 269-280.

Coşgun A., (2012), “Antalya İlinde Farklı Ortamlarda İç Hava Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi”, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi.

Çankayalı A., Levent K.Y., Gökçe M., (2010), “Yapılarda Kimyasal Katkıların Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi”, 1.Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu, Ankara, Türkiye, 26-28 Mayıs.

Çelebi N., Ataksoy B., Taşkın H., Albayrak Bingöldağ N., (2014), “Indoor Radon Measurements in Turkey Dwellings”, Radiation Protection Dosimetry, 167 (4), 1-7.

Çilingiroğlu S., (2010), “İç Hava Kalitesi”, Mimarlar Mühendisler Odası Dergisi, 17, 23-42.

Demirarslan K. O., Başak S., (2018), “Hasta Bina Sendromu Literatür Araştırması, ve Çeşitli Mekanların İç Hava Kalitelerinin Karşılaştırılması”, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(2), 190-201.

Doğruöz N., Çotuk A., Sungur E., Cansever N., (2008), “Bakırın Isı Değiştiricilerindeki Mikrobiyolojik Korozyonu”, XI. Uluslararası Korozyon Sempozyumu, 192-199, İzmir, Türkiye, 22-24 Ekim.

DSÖ, (2009), “Handbook on Indoor Radon – A Public Health Perspective, Edited by Hajo Zeeb and Ferid Shannoun”, ISBN: 978-92-4-154767-3, WHO (DSÖ) Library, Cenevre, İsviçre.

ECJRC (European Commission Joint Research Centre), (1997), “Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations”, ISBN: 92-828-1 078-X, Publications of the European Communities, Lüksemburg.

EN, (2004), “Europeane Norm of Performance Requirements for Ventilation and Air-Conditioning Systems in Non-residential Buildings”, EN 13779, Avrupa Standartları Kuruluşu.

EPA, (1997), “An Office Building Occupant’s Guide to Indoor Air Quality”, EPA-402-K-97-003, Environmental Protection Agency.

EPA, (1998), “Carcinogenic Effects of Benzene: an Update, Office of Research and Development”, EPA/600/P-97001F, Environmental Protection Agency.

EPA, (2011), “National Ambient Air Quality Standarts”, Environmental Protection Agency.

Ersoy H. Y., (1994), “Yapı Biyolojisi; İnsan, Yapı ve Çevre”, Yapı Dergisi, 146, 56-60.

Ersoy M., (2010), “Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Binasında Çalışma Ortam Koşullarının ve Hasta Bina Sendromu Ögelerinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.

Fischer P.H., Hoek G., Reeuwijk H.V., Briggs D.J., Lebert E., Wijnen J.H., Kingham S., Elliott P.E., (2000), "Traffic related differences in outdoor and indoor concentrations of particles and volatile organic compounds in Amsterdam", *Atmospheric Environment*, 34, 3713-3722.

Flynn A., Chan K. W., Zhu Z. H., Yu L., (2015), "Sürdürülebilirlik, Uzay ve Tedarik Zincirleri: Anji'de Bambunun Rolü", *Journal of Rural Studies*, 49, 128-139.

Gönüllü, M.T., Bayhan H., Avşar Y., Arslankaya E., (2002), "YTÜ Şevket Sabancı Kütüphane Binası İç Ortam Havaındaki Partiküllerin İncelenmesi", 4.GAP Mühendislik Kongresi (Uluslararası Katılımlı) Bildiriler Kitabı, 27, 1384-1389.

Gustaffson H., Jonsson B., (1993), "Trade Standarts for Testing Chemical Emission from Building Materials: Measurement of Flooring Materials", *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 93 (2), 437-442.

Güllü G., (2015), "İlköğretim Okullarında İç Ortam Hava Kalitesi ve Sağlık Etkileşimi", *12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 152, 31-42

Gür M., (2010), "Nanomimarlık Bağlamında Nanomalzemeler", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15 (2), 81-89.

Gürel Y. (2018), "Çok Katlı Ahşap Yapıların Deprem Yükleri Altında Performansının İncelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.*

ICRP, (2009), "International Commission on Radiological Protection Statement on Radon", (ICRP Ref: 00/902/09), International Commission on Radiological Protection.

ISO, (2008), "Building Environment Design Indoor Air Quality Methods of Expressing the Quality of Indoor Air for Human Occupancy,", ISO 16814 International Organization for Standardization.

İncecik S.,(1994), "Hava Kirliliği", *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.*

Kılınç M., Kurutaş E.B., (2003), "Pestisitlerin Biyolojik Sistemler Üzerine Etkisi", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Biyokimya Anabilim Dalı Dergisi*, 12, 215-228.

Kokulu N., (2016), "Sağlıklı Yapı Tasarımında Malzeme Seçim Kriterinin Değerlendirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.*

Kongar N. A., (2017), "Hava Kirliliği ve Akciğer Sağlığı", *Türk Toraks Derneği Güz Sempozyumu*, 5-11, İstanbul, Türkiye, 18-19 Kasım.

Koyuncu A., Aslan F.E., (2014), “Sağlık Bakımında Görülmeyen Tehlike; Plastik Ürünler ve Etkileri”, Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 17, 117-122.

Metin O., (2017), “İnşaat Malzeme Bilgisi”, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Ders Sunumları, Ankara Üniversitesi.

Motör D., (2011), “Edirne Bir İşletme İç Ortam Hava Kalitesi ve Çalışanların Sağlığına Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi.

Myers G.E., (1985), “The Effect of Temperature and Humidity of Formaldehyde Emission from UF Bonded Boards: a Literature Critique”, Forests Products Journal. 35, 20-31.

Nikolaou T., Stavrakaki G., Kolokotsa D., Munteanu C., Apostolou A., (2015), “Managing Indoor Environments and Energy in Buildings with Integrated Intelligent Systems”, Springer, Switzerland, ISBN 978-3-319-21798-7.

Onat M., (2004), “Yapı Malzemelerinin Ekolojik Yaklaşımla Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.

Ooi P.L., Goh K.T., Phoon M.H., (1998), “Epidemiology of Sick Building Syndrome and Its Associated Risk Factors in Singapore”, Occupational and Environmental Medicine , 55 (3), 188-193.

Orhon A. V., (2013), “Sürdürülebilir Mimaride Akıllı Malzeme Kullanımı”, 8. Uluslararası Sinan Sempozyumu, 297-304, Edirne, Türkiye, 25-26 Nisan.

Otlu M., (2012), “Turgut Özal Tıp Merkezi Çalışanlarında Hasta Bina Sendromu Görülme Sıklığı ve Etkileyen Faktörler”, Tıpta Uzmanlık Tezi, İnönü Üniversitesi.

Örgün Y., Çelebi N., (2016), “Radyasyon, Radon ve Toplum Sağlığı”, Jeoloji Mühendisler Odası Dergisi, 1 (11). 11-27

Özdamar M., (2017), “Ofis Yapılarında İç Mekan Konforunun Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi.

Pettenkofer M., (1858), “Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden”, Seiten: 1-2-250 Münih, Almanya.

Redlich CA, Sparer J, Cullen MR, (1997), “Sick-building Syndrome”, The Lancet, 346 (9057), 1013-1016.

ResGaz.1, (2000), "Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliği", 2 Ekim 1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete.

Robin, E., Dodson E., Houseman A., Levy J., Bennet D., Shine J., (2007), "Measured and Modelled Personal Exposures to and Risks from Volatile Organic Compounds", *Environmental Science and Technology*, 41 (24), 8498-8505.

Rogozen, M.B.,(2003), "Dynamic Simulation of Radon Daughter Concentration in Apartments Using Solar Rockbed Heat Storage", *Environmental International*, 8, 89-96.

Rossi, M., Lent T., (2006), "Creating Safe And Healthy Spaces: Selecting Materials That Support Healing Designing in the 21st Century Hospital", *Center for Health Design and Health Care Without Harm*, 66, 1-29.

Samet J.M, Marbury M.C, Spengler J.D., (1987), "Health Effects and Sources of Indoor Air Pollution: Part I", *American Review Respirable Disease*, 136, 1486-1508.

Sarrigiannis A., Karakitsios P., Gotti A., (2011), "Exposure to Major Volatile Organic Compounds and Carbonyls in European Indoor Environments and Associated Health Risk", *Environment International*, Doi: 10.1016/j.envint , 743-765.

Sev A., (2009), *Sürdürülebilir Mimarlık*, 1. Baskı, Yem Yayınları, ISBN: 9944757225.

Shaham J., Bomstein Y., Meltzer A., Kaufman Z., Palma E., Ribak J., (1996), "DNA Protein Crosslinks, a Biomarker of Exposure to Formaldehyde in Vitro and in Vivo Studies", *Carcinogenesis*, 17, 121- 125.

Smith R., (1998), "The Environmental Aspect of the Use PVC in Building Products", Second Edition, CSIRO Molecular Science.

Stellman J.M., McCann M., Warshaw L., (1998), "Encyclopaedia of Occupational Health and Safety", 4th edition, International Labour Office.

Süren P., (2007), "Zonguldak Kent Merkezi Atmosferik Partikül Madde Kirliliğinin; PM_{2,5} ve PM₁₀ Boyutlu Dağılımı, Kaynak ve Metalik Kompozisyon Temelinde İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi.

Süyür H., Bayram N., Aydın N., Uyar M., (2011), "Polivinil Klorür Maruziyetinin Pulmoner Sisteme Etkileri, Tüberküloz ve Toraks Dergisi, 59(1), 8-17.

Şanlı C., Hızal S., Albayrak M., (2005), “Kurşun ve Çocuk Sağlığı”, Türk Tabipler Birliği Sürekli Tıp Eğitim Dergisi, 14 (4), 70-75.

Tatar S., Özkalemkaş E., (2007), “Seramik Yapıştırıcılarındaki Kromun (Cr⁺⁶) İndirgenerek Neden Olduğu Deri Hastalıklarının Önlenmesi”, Ders Notları, Özel Ege Lisesi.

Tatematsu K., Hirota T., Suzuki H., Taniguchi M., Nunoi Y., Uzawa T., (2014), “Influence of Temperature and Moisture on Aging of Glass Wool”, Journal of Environmental Engineering, 79, 753–62.

TMMOB, (2015), “Okullarda İç Çevre Kalitesi Bileşeni Koku”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Bildirisi, 1-7, İzmir, Türkiye, 8-11 Nisan.

Tözün M., Ünsan A., (2008), “Benzen ve Sağlık Etkileri”, TAF Preventive Medicine Bulletin, 7(6), 541-546.

Tredgold T., (1836), “The Principle of Warming and Ventilation Public Buildings”, 2nd Edition, M. Taylor, MN: 00658.4.

TSE, (2019), “TSE (Türk Standartları Enstitüsü) Tarafından Yayınlanan Ulusal Standartlar”, Türk Standartları Enstitüsü.

TÜİK, (2016), “2010-2016 yılları arası Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları”, Türkiye İstatistik Kurumu.

Watson D., Labs, K., (1993), “Climatic Building Design: Energy Efficient Building Principles and Practices”, 3rd Edition, McGraw Hill, ISBN: 007068488X.

Weigl M., Habla E., Fürhabber C., Nagl S., (2014), “VOC Emissions From Building Materials: Results From Lab and Model Room Trials, International Wood Products”, Journal Article, 5 (3), 136-138.

Woolley, T., Kimmins, S., Harrison, P., Harrison, R., (2005), “Green Building Handbook”, 1st Edition, Spon Press, ISBN: 0-419-22690-7.

Woodard A.C., Milner H.R., (2016), “Yapılarda Ahşap ve Kereste'nin Sürdürülebilirliği: Sustainability of Construction Materials (Chapter 7)”, 2nd Edition, Elsevier, ISBN: 978-0-08- 100391-6.

Varınca K., Varank G., (2005), “Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri”, Güneş Enerji Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 1-10, Mersin, Türkiye, 24-25 Haziran.

Velicangil S., (1980), “Koruyucu ve Sosyal Tıp”, 2. Baskı., Filiz Kitabevi.

Vural M.S., Balanlı A., (2005), “Yapı Ürünü Kaynaklı İç Hava Kirliliği ve Risk Değerlendirmede Ön Araştırma, Megaron YTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi, 1 (1), 28-39.

Yağlı S., (2019), “Teknolojik Gelişmelerin Etkisi ile Yüzeylerde Malzeme Kullanımı: Akıllı Malzemeler”, Yüksek Lisans Tezi, Hscettepe Üniversitesi.

Yengar K. (2015), “Sustainable Architectural Design”, Third Edition, Routledge, ISBN: 978-0-415-70234-8.

Yurtseven E., (2007), “İki Farklı Coğrafi Bölgedeki İlköğretim Okullarında İç Ortam Havaasının İnsan Sağlığına Etkileri Yönünden Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.

Yücel A., (2008), “Bir Kamu Kuruluşunda Çalışanlarda Hasta Bina Sendromu Görülme Sıklığı ve Bazı Risk Faktörleri ile İlişkisi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.

Zeydan E. Z., Zeydan Ö., Yıldırım Y., (2008), “Hasta Bina Sendromu”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi, 587-594, İzmir, Türkiye, 6-9 Mayıs.

Web 1, (2019), <https://m.bianet.org/bianet/kent/154429-hava-kirliligi-en-buyuk-saglik-tehdidi>, (Erişim Tarihi: 06.05. 2019).

Web 2, (2019), <https://www.termodinamik.info/teknik/evlerde-ic-hava-kalitesi-ile-ilgili-bir-arastirma>, (Erişim Tarihi: 08.05.2019).

Web 3, (2019), <http://www.meslek hastaligi.org/benzen-benzol/>, (Erişim Tarihi: 13.05.2019).

Web 4, (2019), <http://www.formaldehit.net/formaldehit.html>, (Erişim Tarihi:13.05.2019).

Web 5, (2019), <http://www.metaluzmani.com/malzeme-menu/kursun/>, (Erişim Tarihi: 14.05.2019).

Web 6, (2019), <https://www.toraks.org.tr/halk/News.aspx?detail=4381>, (Erişim Tarihi: 15.05.2019).

Web 7, (2019), <http://www.pakrokimya.com/pvc-polivinil-klorur>, (Erişim Tarihi: 18.05.2019)

Web 8, (2019), <https://www.yeniakit.com.tr/haber/pvc-cok-zararli-573569.html>,
(Erişim Tarihi: 18.05.2019)

Web 9, (2019), <http://www.milliyet.com.tr/lejyoner-hastaligi-nedir--pembenar-detay-genelsaglik-1900203/>, (Erişim Tarihi: 18.05.2019)

Web 10, (2019), <https://www.tesisatmarket.com/teknik/pm1-kucuk-ama-tehlikeli-parcacikli-madde-hava-kirliligi>, (Erişim Tarihi: 18.05.2019)

Web 11, (2019), <https://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/chemicals.html>
(Erişim Tarihi: 20.04.2019).

Web 12, (2019), <https://www.termodinamik.info/teknik/isil-konforun-onemi>,
(Erişim Tarihi: 13.04.2019).

Web 13, (2019), http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/2ee248a3916,
(Erişim Tarihi: 13.04.2019).

Web 14, (2019), <https://www.memorial.com.tr/saglik-rehberleri/lejyoner-hastaligi/>,
(Erişim Tarihi: 08.05.2019).

Web 15, (2019), https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/Duyurular/Lejyoner_Hastaligi,
(Erişim Tarihi: 08.05.2019).

Web 16, (2019), https://www.tucsa.org/tr/haber_detay.aspx?haber=251,
(Erişim Tarihi: 25.04.2019).

Web 17, (2019), <https://www.iso.org/ics/13.040.01/x/>, (Erişim Tarihi: 26.04.2019).

Web 18, (2019), <http://www.frmtr.com/cografya-uzay-bilimleri/762008-dunya-ve-turkiyede-hava-kalite-kontrolu.html>, (Erişim Tarihi:26.04.2019).

ÖZGEÇMİŞ

Kübra ZORLU, İstanbul'da doğdu. 2014 yılında Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi'nden mezun oldu. 2018 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2014 yılından sonra özel sektörde proje mimarı olarak çalıştı. Şu an eğitimine devam etmektedir.

