

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YAPI İÇİ HAVA KİRLETİCİLERİ ve RİSK YÖNETİMİ

Mimar Gözde ŞAYLAN

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ayşe BALANLI

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
DENKLEM LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Problemin Belirlenmesi	1
1.2 Amaç	2
1.3 Önem.....	2
1.4 Varsayım	2
1.5 Kapsam	2
1.6 Yöntem.....	3
2 YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ.....	4
2.1 Yapı İçi Hava Niteliği ve Kirlilik.....	4
2.1.1 Yapı İçi Hava Kirliliğindeki Artışın Nedenleri	5
2.1.2 Yapı İçi Hava Niteliği ile İlgili Çalışmalar	6
2.1.3 Yapı İçi Hava Kirleticileri.....	7
2.1.3.1 Dış Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticileri	10
2.1.3.2 Yapının İçinden Kaynaklanan Yapı İçi Hava Kirleticileri.....	13
2.1.3.2.1 Kullanıcı Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticileri.....	13
2.1.3.2.2 Yapı Ürünleri Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticileri.....	17
2.1.4 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Tanımlanması.....	22
2.2 Yapı İçi Hava Kirleticileri ve Sınır Değerleri.....	33
2.3 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Oluşturduğu Sağlık Sorunları.....	35
2.4 Kullanıcı Sağlığı ve Risk.....	50
3 RİSK ve YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNDE RİSK.....	52
3.1 Risk ve Risk Süreçleri.....	52
3.1.1 Risk ve Riskin Gelişimi.....	57
3.1.2 Riskin Değerlendirilmesi.....	59
3.1.3 Risk Yönetimi.....	61

3.1.4	Risk İletişimi.....	62
3.2	Yapı İçi Hava Kirliliğinde Risk.....	63
3.2.1	Yapı İçi Hava Kirliliğinde Risk Değerlendirmesi ve Değerlendirme Adımları....	64
3.2.2	Ön Araştırma.....	65
3.2.2.1	Yapının Tanımı.....	65
3.2.2.2	Kullanıcılarla Görüşme.....	65
3.2.2.3	Olasılık Araştırması.....	66
3.2.2.4	Ön Araştırma Kararı.....	66
3.2.3	Tehlikenin Tanımı.....	66
3.2.4	Etkilenme Değerlendirmesi.....	67
3.2.5	Doz-Tepki Değerlendirmesi.....	68
3.2.6	Risk Nitelendirmesi.....	69
3.3	Yapı İçi Hava Kirliliğinde Risk Yönetimi.....	70
3.4	Yapı İçi Hava Kirliliğinde Risk İletişimi.....	70
4	YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNDE RİSK YÖNETİMİ	71
4.1	Risk Sınıflandırılması.....	72
4.1.1	Kabul Edilemeyen Risk Ölçütleri.....	73
4.1.1.1	Kabul Edilemeyen Risklere Karşı Çözüm Seçenekleri.....	73
4.1.2	Kabul Edilebilir Riskler	74
4.1.2.1	Önemsiz Riskler	74
4.1.2.2	Yönetilebilir Riskler.....	74
4.2	Yönetilebilir Risklere Karşı Çözüm seçenekleri.....	74
4.2.1	Dış Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Çözüm Seçenekleri.....	74
4.2.2	Yapının İçinden Kaynaklanan Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Çözüm Seçenekleri.....	77
4.2.2.1	Kullanıcı Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Çözüm Seçenekleri.....	77
4.2.2.2	Ürün Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Çözüm Seçenekleri.....	79
4.3	Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Alınacak Kararlar.....	95
4.4	Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Alınan Kararların Uygulanması.....	96
4.5	Yapı İçi Hava Kirliliğinde Risk İletişimi.....	97
5	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	98
	KAYNAKLAR.....	100
	ÖZGEÇMİŞ.....	108

KISALTMA LİSTESİ

ASHRAE	(The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü (Türkiye Kullanımı)
EPA	(Environmental Protection Agency) Çevresel Koruma Örgütü
ERCHS	(European Respiratory Community Health Survey) Avrupa Göğüs Sağlığı Derneği
ETA	(Event Tree Analysis)- Olay Ağacı Analizi
FMEA	(Failure Mode and Effects Analysis-Failure Mode)- Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi
FMECA	(Failure Mode and Critically Effects Analysis)- Olası Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi
FTA	(Fault Tree Analysis)- Hata Ağacı Analizi Metodolojisi
HAA	Hata Ağacı Analizi Metodolojisi
HAZOP	(Hazard and Operability Studies)- Tehlike ve işletebilme Çalışması Metodolojisi
HTEA	Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi
IAQ	(İndoor Air Quality) Yapı İçi Hava Kalitesi
IARC	(International Agency for Research on Cancer) Uluslar Arası Kanser Araştırma Kurumu
ICRP	(International Commission on Radiological Protection) Uluslar Arası Radyasyon Koruma Komitesi
JSA	(Job Safety Analysis)- İş Güvenlik Analizi
KOAH	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
NIOSH	(The National Institute for Occupational Safety and Health) ABD İş Yeri Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü
OHTEA	Olası Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi
OSHA	(Occupational Safety and Health Administration) İş Yeri Güvenliği ve Sağlığı Yönetimi
PHA	(Preliminary Hazard Analysis)- Başlangıç Tehlike Analizi
PRA	(Preliminary Risk Analysis- Using Checklists)- Kontrol Listesi Kullanarak Risk Analizi
POM	(Princeton Ocean Model) Özel Madde ya da Özel Organik Bileşik
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TTB	Türk Tabipler Birliği
USA	(The United States Army) Çevre Koruma Ajansı
USEPA	(The United States Environmental Protection Agency) Birleşik Devletler Çevre Koruma Örgütü
SVOC	Yarı Organik Uçucu Bileşik
VOC	(Volatile Organic Compound) Uçucu Organik Bileşik
VVOC	Çok Uçucu Organik Bileşik
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Asbest çeşitleri.....	28
Şekil 2.2 Virüslerin mikroskop ile görünümü.....	32
Şekil 3.1 Risk süreci modeli.....	58
Şekil 3.2 Yapı içi hava niteliği risk süreci modeli.....	59
Şekil 3.3 Yapı biyolojisi risk araştırmaları sürecinde adımlar.....	63
Şekil 3.4 Yapı içi hava niteliği ön araştırması	65
Şekil 3.5 Yapı içi hava niteliği risk değerlendirmesi	69
Şekil 4.1 Risk adımları.....	72
Şekil 4.2 Türkiye'nin asbest haritası.....	75
Şekil 4.3 Yapı içi hava niteliği risk yönetim karar uygulaması.....	96

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Atmosferin doğal birleşimi.....	4
Çizelge 2.2	Kirletici kaynaklarının sınıflandırılması.....	9
Çizelge 2.3	Dış kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması.....	11-12
Çizelge 2.4	Kullanıcı kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması.....	14-16
Çizelge 2.5	Yapıda kullanılan ürün kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması.....	17-21
Çizelge 2.6	VOC'lar için Dünya Sağlık Örgütü'nün sınıflandırma sistemi.....	29
Çizelge 2.7	VOC'lar ve yapı içinde kullanıldığı yerler.....	31
Çizelge 2.8	Yapı içi hava kirleticileri ve kabul edilebilir sınır değerleri.....	33-35
Çizelge 2.9	Azot dioksitin çeşitli yoğunluklarda ve sürelerdeki etkileri	36-37
Çizelge 2.10	Karbon monoksitin insan sağlığı üzerindeki etkisi	39
Çizelge 2.11	Kükürt dioksitin insan sağlığı üzerindeki etkisi.....	41
Çizelge 2.12	Radon gazının etkisinde hayat boyu kalma sonucu akciğer kanserine bağlı ölüm.....	43
Çizelge 2.13	Radon gazı riski.....	43
Çizelge 2.14	Sigara içenlerde radon gazından akciğer kanserine yakalanma riski.....	44
Çizelge 2.15	Zamanının %80'ini yapı içinde geçirenler için radon düzeyi ve ölüm riski	44
Çizelge 2.16	Kükürt dioksit ve parçacıkların insan sağlığı açısından etkilerinin özeti: Kısa süreli etkiler.....	45
Çizelge 2.17	Kükürt dioksit ve parçacıkların insan sağlığı açısından etkilerinin özeti: Uzun süreli etkiler	45
Çizelge 2.18	Formaldehitin bazı sınır değerleri.....	47
Çizelge 2.19	Çevresel ve meslek ile ilgili formaldehitten etkilenme incelemelerinin özeti....	48
Çizelge 2.20	Havadaki formaldehitten etkilenen insanların tahmin edilen tepkileri.....	49
Çizelge 2.21	Yapı içi hava kirleticileri, kaynakları ve oluşturdıkları rahatsızlıklar.....	50-51
Çizelge 3.1	Risk derecelendirme matrisi.....	54
Çizelge 3.2	Sonucu kabul edilebilirlik değerleri.....	55
Çizelge 3.3	Risk değerlendirme metodolojileri.....	61
Çizelge 3.4	USEPA insan kanserojen sınıflandırması	67
Çizelge 4.1	Kaynaklarına göre kirleticiler ve çözüm seçenekleri.....	83-95

DENKLEM LİSTESİ

	Sayfa
Denklem 3.1 Kirleticinin hayat boyu ortalama günlük doz denklemi.....	68
Denklem 3.2 Tehlike bölümü denklemi.....	69
Denklem 3.3 Tehlike indeksi denklemi.....	69
Denklem 3.4 Hata sınırı yöntemi denklemi.....	69
Denklem 3.5 Kanseri riski denklemi.....	69

ÖNSÖZ

Bu çalışma, yapı içi havasını olumsuz yönde etkileyen kirleticilerin insan sağlığına zarar vermemesi için kullanıcıları bilgilendirmeyi, üreticileri de önlemler almaya yöneltmeyi amaçlamıştır.

Tezin danışmanlığını üstlenen, bilimsel görüş, katkı, bilgi ve desteklerini esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Ayşe BALANLI'ya ve manevi desteklerinden dolayı, Eşim Orhan ŞAYLAN'a, Babam İsmail KAPAKLIOĞLU'na, Annem M.Canan KAPAKLIOĞLU'na ve sevgili Kardeşim Seçil KAPAKLIOĞLU'na çok teşekkür ederim.

ÖZET

İnsanların en temel gereksinimlerinden bir tanesi barınmadır. İnsanlar yaşamlarının büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirmektedir. Bu nedenle yapı içi hava niteliğinin (IAQ) iyi olması insan sağlığı için önemlidir.

Yapı içi havasını doğal ve yapay kirleticiler kirletir. Bu kirleticiler yapı dışından (egzoz dumanı, endüstri ve konut bacaları, doğa olayları vb.), yapı kullanıcılarının eylemlerinden (canlının biyolojik ve fizyolojik eylemleri, hobileri, mesleki eylemleri, sigara dumanı vb.) ve yapı içindeki ürünlerden (mobilyalardan, kaplamalardan, doğramalardan vb.) kaynaklanan kirleticilerdir.

Yapı içi hava kirleticilerinin insan sağlığı üzerinde etkileri yapı kullanıcılarına göre değişebilmektedir. Her kirletici o ortamda bulunan her insanda aynı etkiyi göstermeyebilir ya da aynı etkiyi farklı sürelerde, farklı derecelerde gösterebilir. Yapı içi hava kirleticilerinin risk yönetimlerini oluşturabilmek için risklerin kabul edilebilir ya da kabul edilemez olduklarının değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir. Risk yönetimi, yönetilebilir değerlerdeki riskler için yapılmaktadır. Risk gruplarındaki risklerin düzeyine göre; yapıda iyileştirme yapılabilir, yapı yok edilmeden kullanılması engellenebilir ve ya yapı yıkılabilir. Yapı içi hava kirleticilerinin insan sağlığını olumsuz etkilememesi veya oluşabilecek etkilerin en az düzeyde tutulabilmesi için risk yönetimi oluşturulacak teknik bir grup tarafından hazırlanmalı ve doğru uygulanmalıdır.

Anahtar kelimeler: Yapı içi hava niteliği, yapı içi hava kirleticileri, yapı içi kirletici kaynaklı sağlık sorunları, risk süreçleri, risk değerlendirmesi, yapı içi hava kirliliği risk yönetimi.

ABSTRACT

One of the major necessities for humans is accommodation. We spend a big amount of our time in a closed environment and because of that human health is dependent on indoor air quality.

Indoor air is being polluted by artificial and man made polluters. Some of which are caused by external elements like vehicles, industrial and home emissions as well as natural events. Residents themselves can be the cause of these polluters through their biological and physiological actions, their hobbies, occupational actions like cigarette smoke etc. In addition to these sources of pollution there are also indoor household products like furniture, coat, woodwork etc.

The effects of the indoor air polluters on human health may differ from person to person. Each polluter might not have the same effect on everyone and may not develop at the same rate or intensity. In order to create the risk management of indoor air polluters one has to first define what level of polluters is tolerable. In that case risk will only occur when the polluters have exceeded the tolerable amount. Depending on the level of risk, in groups where polluters have exceeded the tolerable amount, the following steps could be taken; improvement of the building, prevention of usage without demolition or demolition of the building can be done. To prevent or to minimize the negative effects of indoor air pollution; the risk management has to be done by a technical group and has to be carried out in the appropriate manner.

Keywords: Indoor air quality, indoor air polluters, the health problems caused by internal air polluters, risk processes, risk evaluation, risk management of the indoor air pollution.

1. GİRİŞ

1.1 Problemin Belirlenmesi

İnsan, zamanının bir kısmını dış, bir kısmını da iç mekânlarda geçirmektedir. Dış çevrede oluşan hava kirliliğinin insan sağlığına verdiği olumsuz etkiler bilinmekte ve araştırmalar bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmaya yönelik yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar sadece dış hava kirliliğinin değil, iç mekânlarda oluşan ve insan sağlığını olumsuz etkileyen yapı içi hava kirliliğinin de varlığını gözler önüne sermiştir.

İnsanlar, zamanlarının yaklaşık %80-90 gibi önemli bir kısmını kapalı ortamlarda geçirmektedir. Kapalı ortamlarda ısı, ışık, gürültü gibi etmenlerin yanı sıra ortam havasının da burada yaşayan kişilerin sağlıkları, konforları, verimlilikleri üzerine etkisi vardır. Yapı içinde oluşan hava kirliliği; yapı dışındaki hava kirliliğinden, kullanılan yapı içi ürünlerinden, insan eylemlerinden kaynaklanmaktadır (Balanlı,1997). Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) yaptığı araştırmalara göre, yapı içindeki hava kirliliği baş ağrısından, kansere kadar çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır.

Yapılardan, yapılarda kullanılan ürünlerden, dış hava ve iç hava koşullarından kaynaklanan hava kirliliğinin mekân kullanıcısı üzerinde oluşturduğu sağlık sorunlarının giderilmesi için, yapı içi hava kirleticilerinin tanımlanması ve bu kirleticilerin hangi değerlerde insan sağlığı üzerinde ne tür risk oluşturabileceğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Yapı içi hava kirleticilerinin insan sağlığı üzerindeki etkileri yapı kullanıcılarına göre değişmektedir. Her kirletici o ortamda bulunan her insanda aynı etkiyi göstermeyebilir veya aynı etkiyi farklı sürelerde, farklı düzeylerde gösterebilir. Yapı içi hava kirliliğinin insan sağlığını olumsuz etkilememesi veya oluşabilecek etkilerin en az düzeyde tutulabilmesi için risk oluşturan etmenlerin ve risk gruplarının iyi belirlenmesi, bu gruplara göre risk yönetim planlarının oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan bu risk yönetim planları, yapı içi hava kirletici kaynağına göre, iç ve dış kaynaklı olarak değişiklik gösterebilmektedir. İç hava koşulları yapı içinde kullanılan ürünlerden, insanın yapı içindeki (biyolojik, fizyolojik, mesleki eylemler, hobiler vb.) eylemlerinden kaynaklanmaktadır.

Yapı içi hava kirliliği ve risk yönetimine yönelik yurt dışında değişik yaklaşım ve yöntemler geliştirilmiştir. Ancak ülkemizde yapı içi hava kirliliğinde risk yönetimi sorununa yönelik sayılı kurum ve üniversite bünyesinde yapılan lisansüstü ve doktora çalışmalarının dışında ayrıntılı çalışmalar yapılmamıştır. Yapılan araştırma ve çalışmaların yetersizliği yapı içi hava

kirliliğinin oluşturduğu riskler ve bu risklerin yönetiminin önünde problem olarak durmaktadır.

1.2 Amaç

Bu çalışmanın amacı; yapı içine yapı dışındaki etmenlerle karışan ya da yapı içinde gerçekleştirilen eylemlerle yapı içinde oluşan kirli havanın ve yapıda kullanılan her türlü ürünün insan sağlığı üzerinde uzun ya da kısa sürelerde oluşturduğu olumsuzlukları belirlemek, bu olumsuzluklara karşı önlem almak ve bu olumsuzlukları azaltabilmek için her bir etkenin risk yönetim modellerini oluşturmaktır.

1.3 Önem

Yapı içinde oluşan hava kirliliğinin nedenlerinin belirlenmesi ve bu nedenlere uygun risk yönetim modellerinin oluşturulması önemli ve ciddi bir çalışma gerektirmektedir. Çünkü yapılan tüm çalışmalarda esas olan insan yaşamıdır. Bu çalışmalar; insanı daha rahat, daha sağlıklı ve daha huzurlu bir ortamda yaşatabilmek için yapılmaktadır.

1.4 Varsayım

Bu çalışmanın sonucunda elde edilen verilerden de yola çıkılarak, insan yaşamının %80-90 gibi önemli bir bölümünü geçirdiği iç mekânların havasının kirlenmesine neden olan ve insan sağlığını doğrudan ya da dolaylı olarak olumsuz yönde etkileyen etkenlerin belirlenmesi ve bu etkenlere yönelik risk yönetim modellerinin oluşturulmasına yardımcı olarak, daha sağlıklı mekanlar tasarlanacağı varsayılmaktadır.

1.5 Kapsam

Bu çalışma; yapı içi hava kirleticilerinin ve bu kirleticilerin olumsuz etkilerinin belirlenmesi, kirleticilerin insan sağlığı üzerinde oluşturduğu risklerin saptanması ile oluşmuş veya oluşabilecek risklere göre risk yönetim planlarının oluşturulması kapsamında ele alınmıştır.

Çalışmada, “Yapı İçi Hava Niteliği Risk Modeli Belirlenmesi” S.Müjdem Vural tarafından hazırlanmış olan doktora tezinden yararlanılmış, bu tez kapsam olarak geliştirilmiş ve belirlenen kirleticilere göre risk yönetimi incelenmiştir.

Yapı içi hava kirleticileri kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre, sağlık etkilerine göre, kaynaklarına göre farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Bu tez kapsamında kirleticiler

kaynaklarına göre sınıflandırılarak hazırlanmıştır. Diğer özellikleri sınıflandırmanın dışında tutulmuştur.

1.6 Yöntem

Bu tez kapsamında, konuyla ilgili çeşitli disiplinlerin çalışmalarını içeren geniş kapsamlı kaynak araştırması yapılarak S. Müjdem Vural'ın doktora tezi çalışmasından yararlanılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde; kaynak taraması ile problem belirlenmiş, amaç, önem, varsayım, kapsam ve yöntemden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde; yapı içi hava niteliğinin belirlenmesi, yapı içi hava kirliliğinin tanımı, kirliliğin artış nedenleri ve bu konuda yapılan çalışmalar ile yapı içi hava kirleticileri, kirleticilerinin sınır değerleri ve oluşturdıkları sağlık sorunları ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde; risklerin ve sürecin tanımı, risklerin değerlendirilmesi, risk yönetilmesi ve iletişimi konularıyla birlikte yapı içi hava kirliliğinde risk, yapı içi hava kirliliğinde risk değerlendirmesi, değerlendirmenin adımları, risk yönetimi ve risk iletişimi konularına yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde; yapı içi hava kirleticilerinin sınıflandırması yapılmıştır. Risk ölçütlerinin değerlendirmesi yapılarak kabul edilebilir ve kabul edilemez riskler tanımlanmıştır. Kabul edilebilir değerdeki risklerden yönetilebilir değerdeki riskler için çözüm seçenekleri, alınacak kararlar ve karar uygulamaları işlenmiştir. Konunun dışında kalmasına rağmen yapı içi hava kirliliğinde risk iletişimine elde edilen veriler doğrultusunda değinilmiştir.

Beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler kısmı yer almaktadır.

2. YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ

2.1 Yapı İçi Hava Niteliği ve Kirlilik

Yapı, kullanıcıların gereksinimlerini gidermek üzere tasarlanmış ve üretilmiş yapma bir çevredir (Balanlı ve Öztürk, 2006). Yapının dış kabuğunun dışında kalan çevre yapının “dış çevre” sini, kabuğun iç kısmında kalan çevre ise “iç çevre” sini oluşturmaktadır. Yapının dış çevresinde; doğal ve yapma çevreler bulunmaktadır. Yapının iç çevresinde ise; boyutsal, biçimsel, görsel, işitsel, dokunsal ve atmosferik özellikler yer almaktadır (Balanlı ve Öztürk, 1995).

Yapının, asıl hedefi olan canlının gereksinimlerine yanıt verebilecek nitelikleri taşıması gerekmektedir. Yapının, hem iç hem de dış çevresi kullanıcının gereksinimlerini karşılayabilecek özelliklerde olmalıdır. Bu özellikler zaman içerisinde değişik etkenlerden dolayı olumsuz duruma gelebilmektedir. Olumsuz durum sonucu ise yapıdan kaynaklanan biyolojik ve psikolojik sağlık sorunları oluşabilmektedir (Balanlı ve Öztürk, 1995).

Yapının iç ve dışını çevreleyen hava, oksijen, azot, argon, karbondioksit, neon, helyum, kripton, metan, hidrojen, ksenon, azot dioksit ve ozon gibi gazlardan oluşmaktadır. Hava içinde yer alan gazlar ve bileşim oranları Çizelge 2.1’de verilmektedir.

Çizelge 2.1 Atmosferin doğal bileşimi (Tünay ve Alp, 1996; Günay, 1994)

Birleşen	Hacim %	Yoğunluk, ppm
Azot	78,084 ± 0,004	780.900
Oksijen	20,946 ± 0,00	209.400
Argon	0,934 ± 0,001	9.300
Karbon dioksit	0,033 ± 0,001	315
Neon	0,0015	18
Helyum	0,000524	5,2
Metan	0,0002	1,5
Kripton	0,000114	0,5
Hidrojen	0,00005	0,5
Ksenon	0,000087	0,08
Azot dioksit	0,00005	0,02
Ozon		0,01–0,04

Çizelge 2.1’de verilen hava bileşenlerine ek olarak %1-3 oranında su buharı ve çok az miktarda kükürt dioksit, formaldehit, iyot, sodyum klorür, amonyak, karbon monoksit, toz ve

polenler bulunmaktadır (Tünay ve Alp, 1996).

Havayı oluşturan maddeler her zaman Çizelge 2.1’de verilen oranlarda bulunmayıp, çeşitli etkilere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bu maddelerin oranı “hava niteliğini” belirlemektedir. Hava niteliğinin olumsuz yönde değişmesi hava kirliliğini oluşturmaktadır. Hava kirliliği; havada bulunan katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve çevre dengesine zarar verecek veya nesnelerden yararlanılmasını engelleyecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunmasıdır. Havanın doğal bileşimini değiştiren gazlar ile sıvı veya katı halde bulunabilen kimyasal maddelere hava kirleticileri adı verilmektedir. Gaz dışındaki kirleticiler havada aerosol halde olup, bazıları sis, mist, duman gibi özel adlar ile adlandırılmaktadır [44]. Gerek dış ortam kirleticilerinin yapı içine ulaşması ve burada birikmesi, gerek yapı içinde kullanılan ürünlerden yayılan maddeler, gerekse kullanıcı eylemleri, yapı içinde “yapı içi hava kirliliği” ni oluşturmaktadır.

2.1.1 Yapı İçi Hava Kirliliğindeki Artışın Nedenleri

Yapı içi hava kirliliği ilk olarak ateşin bulunmasıyla başlamıştır. Isınmak ve yemek pişirmek amacıyla mağaralarda yakılan ateş, iç ortama zehirli gazlar yaymış ve bu sorun ateşin mağara ağzında yakılmasıyla giderilmeye çalışılmıştır (Yalçınkaya, 1995).

Kapalı ortamlarla ilgili sorunların tanımlanması 70’li yılların başındaki petrol krizi sonrası, enerji kısıtlamasının uygulandığı döneme rastlamaktadır. Benzin fiyatlarındaki artış ile enerjinin gideri yükselmiş ve enerji tasarrufu gündeme gelmiştir. Bunun için binalarda havalandırmanın azaltılması yoluna gidilmiştir. Binalar, geçirgenliği hemen hemen hiç olmayan bir "kabuk" ile kaplanmış ve pencereler sürekli kapalı tutulmuştur. Bu dönemde yapıda kullanılan doğal ürünlerden uzaklaşmaya başlanılmıştır. Doğal ürünlerin yerini (ağaç, mermer vb.), yapay ürünler (plastik, sentetik lifler vb.) almıştır [47]. Bilgisayar çağı da bir başka sorun yaratmıştır. Bilgisayarların gelişmesi ve yaygın olarak kullanılmaya başlanması binaların ısı ve elektromanyetik radyasyon yükünü artırmıştır. Aynı zamanda bu ısı bina içindeki relatif nemin de azalmasına neden olmuştur (Kaya, 2003).

Yapının iç ortam havasını karbon dioksit, su buharı, ozon, uçucu organik bileşikler, formaldehit, vb. gazlar ile mikrobiyolojik etmenler (mantarlar, virüsler, bakteriler, maytlar, algler, alerjenler vd.) etkilemektedir. Kapalı ortam havasında parçacıklar halinde dağılıp birikebilme özelliğine gösteren kirleticilerin birçoğu petrolün yan ürünlerini oluşturmaktadır. Binalarda yaşayan kişilerin sigara içmek, yemek pişirmek ve temizlik yapmak vb. etkinlikleri

sonucunda da bazı kimyasal maddeler ve parçacıklar kapalı ortam havasına eklenmektedir. Binanın kendisi ve donanımları da parçacıkların ve çeşitli gazların artmasına neden olmaktadır.

2.1.2 Yapı İçi Hava Niteliği ile İlgili Çalışmalar

Teknolojinin hızla gelişmesi, insanların yenilikleri izleme çabası, ürünlerdeki çeşitliliğin artması, insanların yaşamlarının önemli bir bölümünün kapalı mekânlarda geçirmeye başlaması gibi nedenler bilim adamlarını yapı içi hava kirleticileri konusunda araştırmaya itmiştir.

Yapı içi hava kirliliği ile ilgili yapılan çalışmalar “Taş Devri” döneminde ateşin mağara içinde yakılmasıyla başlayıp günümüze kadar devam etmiş ve bundan sonra da araştırılmaya devam edecek olan bir konudur. Yapı içi hava kirliliği ile ilgili büyük araştırmalar 70’li yıllarda yaşanan petrol krizi nedeniyle enerji tasarrufuna gidilmesiyle yaşanan yapılardaki yetersiz havalandırmalara karşı çözüm aramaya çalışarak başlamıştır.

Yapılan büyük araştırmalardan bir tanesi; ABD’de yapılan “Harvard Altı-Şehir Çalışması”dır. Bu çalışmada, havada bulunan parçacıkların oranına bağlı olarak ölümlerin arttığı belirlenmiş ve bunun sonucunda 2,5 mikron çapa eşit ya da daha küçük parçacıklar için yeni bir standardın kabul edilmesine (62FR 38652, 18 Temmuz 1997) neden olmuştur (Vural, 2004).

80’li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri Gaz Araştırma Enstitüsü ve Güney Kaliforniya Gaz Kuruluşu’nun sponsorluğuyla yapılan büyük ölçekli çalışmalarda yapı içi hava kirliliğine neden olan azot dioksitin, kullanılan gaz ocakları ve gaz sobaları nedeniyle yapı içindeki yoğunluğunu artırdığı ve özellikle mutfaklarda diğer mekânlara göre daha yoğun olarak bulunduğu belirlenmiştir (Anderson ve Albert, 1999).

Amerika Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu (ASHRAE) 1996’da kabul edilebilir yapı içi hava kirleticilerinin sınır değerlerini belirlemek üzere çalışma başlatmış (Kerrigan, 1996) ve bu çalışmanın sonucunu 1999 yılında yayınlamıştır (ASHREA, 1999).

Bu çalışmalardan başka, NATO tarafından 1989-1996 tarihleri arasında pilot çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalara 40 ülkeden 300 uzmanı katılmıştır. Yapılan çalışmaların sonucunda yapı malzemelerinden çıkan kirleticilerin azaltılması için üretici firmaların ürün

etiketleri oluşturma çalışması öngörülmüştür (Moroni ve Lundgren, 1998).

Kirleticilerle tek tek uğraşmak için düzenlemeler yapmak, başarısız, pahalı ve yetersizdir. Yapı içinde bilinen yüzlerce kimyasaldan etkilenim düzeylerini belirlemek çok zor bir iştir. Bu kimyasal maddeler arasındaki olası etkileşim bunu daha da güçleştirmektedir. Hala insanların yapı içi hava kirliliğine neden olan maddelerden etkilenim oranı hassas olarak ölçülememektedir.

2.1.3 Yapı İçi Hava Kirleticileri

Yapı içi hava kirleticileri; fiziksel özelliklerine, kimyasal özelliklerine, sağlık etkilerine ve kaynaklarına göre değişik şekillerde sınıflandırılmıştır (Vural, 2004).

Yapı içi hava kirleticileri;

Kimyasal özelliklerine göre; organik ve inorganik kirleticilerdir.

Fiziksel özelliklerine göre kirleticileri; gazlar ve buharlar, parçacıklar oluşturmaktadır.

Sağlık etkilerine göre kirleticiler; zararlı, rahatsız edici, alerjik, mutajenik, toksik ve kanserojen kirleticilerdir.

Kaynaklarına göre kirleticiler; iç ve dış kaynaklı kirleticilerdir [41]. İç kaynaklı kirleticileri, yapının kendisi ve kullanıcı eylemleri oluşturmaktadır. Dış kaynaklı kirleticileri ise insanların yapı dışındaki eylemleri ve doğa olayları oluşturmaktadır.

Bu çalışmada yapı içi hava kirleticilerinin kaynaklarına göre sınıflandırılması yapılmıştır.

Yapı içi hava kirleticileri, iç ve dış ortam kaynaklı kirleticiler olarak iki grupta incelenmiştir. Dış kaynaklı kirleticiler yapının dışında gerçekleşen (üretim, trafik, doğa olayları vb.) eylemlerden ve yapı dışındaki doğal kirleticilerden kaynaklanarak yapı içine girmektedir. İç ortam kaynaklı kirleticiler ise, yapının içinde kullanılan ürünlerden ve canlının yapı içindeki biyolojik, fizyolojik, mesleki eylemleri ve hobilerinden kaynaklanan kirlilik olarak iki alt başlık halinde incelenmiştir. Yapı içinde kullanılan üründen kaynaklanarak çevreyi kirleten maddeler, yapının tasarım özelliklerinden, yapı sistemini seçiminden, iç ortam donanımında kullanılan ürünlerden ve yapı kullanımı sırasında gereksinim duyulan teknik hizmetlerden oluşmaktadır. İç hava ortamında olan bu kirleticilerin yanı sıra, yapı içinde yaşayan insanların eylemlerine bağlı olarak ortama karışan kirleticiler de söz konusudur. Bunlar biyolojik ve fizyolojik (solunum, öksürme, deri dökme, idrar vb.) eylemler ve yapı içinde gerçekleşen

mesleki ve ev işleri ile hobilerdir (yemek pişirme, banyo yapma, temizlik, kesme, kopyalama vb.). Bu eylemler sonucunda ortama alkol, amonyak, karbondioksit, bakteri, idrar, su, saç, ölü deri, zehirli gazlar, tozlar, asbest, benzen, formaldehit, cam elyafı, vb. kirletici maddeler karışmaktadır (Günay, 1994).

Çizelge 2.2’de kirleticilerin kaynaklarına göre sınıflandırılması verilmiştir. Bu sınıflandırmaya göre kirleticiler; yapı dışı ve yapı içi olarak iki ana başlıkta incelenmiştir. Yapı içi kaynaklı kirleticiler, ürün ve kullanıcı kaynaklı olarak iki alt başlıkta verilmiştir.

Çizelge 2.2 Kirletici kaynaklarının sınıflandırılması

Kirletici Kaynakları						
Yapı Dışı Kaynaklı		Yapı İçi Kaynaklı				
		Kullanıcı Kaynaklı				Ürün Kaynaklı
Doğal Ortam Kaynaklı	Dış Ortam Etkinlikleri Kaynaklı	Fizyolojik Eylemler	Biyolojik Eylemler	Ev İşleri	Mesleki Eylemler	
-Deprem -Volkan -Şimşek -Toprak -Su -Bitki -Hayvan -Taş ...	-Tarım -Sanayi -Trafik -Yangın ...	-Deri dökme -Terleme -Öksürme -İdrar -Saç dökme -Tırnak kesme ...	-Solunum ...	-Temizlik -Yemek pişirme -Süpürme -Makyaj -Yanma eylemleri -Sigara kullanımı ...	-Kesme -Kopyalama -Yapıştırma -Hayvan besleme -Bitki yetiştirme -Üretim -Boyama ...	-Boya, cila, vernik vb. -Yalıtım malzemeleri -Koku giderici ürünler -Böcek ilaçları -Macun -İklimlendirme sistemleri -Mobilya -Yapıştırıcılar -Duvar ürünleri -Kaplama ürünleri -Doğramalar -Ofis araçları ...

Yapı içi hava kirliliğini oluşturan kirleticiler aynı anda hem yapı dışından gelen, hem ürün kaynaklı hem de kullanıcı eylemlerinden kaynaklanan kirleticiler olarak farklı gruplar içerisinde de yer alabilmektedir.

2.1.3.1 Dış Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticileri

Yapı dışındaki kirletici maddeler, herhangi bir işlem uygulamadan kendiliğinden oluşan (doğal ortamda bulunan) kirleticileri, yapı dışında gerçekleşen üretim işlemleri sonucunda oluşan kirleticileri ve trafiği kapsamaktadır. Bu grup kirleticiler, dış hava ortamında bulunan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen kimyasal gazlar, tozlar vb. olarak nitelendirilebilir (Günay, 1994).

Dış ortamda doğal olarak oluşan kirleticiler, havadaki gazlarla başka gazların birleşmesi (karbon monoksit, azot oksitleri, kükürt oksitleri, vb.), toprak, taş ve suyun yapısında bulunan maddelerin çözülmesi sonucunda havaya dağılması (radon, asbest, silis vb.), dış ortamda bulunan bitki ve hayvanların oluşturduğu maddelerin (polenler, mikroorganizmalar vb.) ve deprem, volkan patlaması, şimşek çakması vb. doğa olaylarının oluşmasıyla açığa çıkan gazların ve parçacıkların (karbon dioksit, aslı parçacıklar, azot dioksit, karbon monoksit, ozon vb.) dış ortam havasına karışmasıyla önce yapı dışı havasını ardından da yapı içi havasını kirletmesiyle, dış kaynaklı yapı içi hava kirleticileri grubunda yer almaktadır.

Yapı dışında, üretim için gerçekleşen eylemler sonucunda dış ortam havasına karışan kirleticiler ise, ulaşım amacıyla kullanılan araçların oluşturduğu zararlı kimyasal maddeler (karbon dioksit, karbon monoksit, azot dioksit, ozon, formaldehit, vb.), ısınma ve üretim amacıyla kullanılan maddelerin yakılmasıyla oluşan zehirli gazlar (karbon dioksit, karbon monoksit, kükürt dioksit, azot oksit, formaldehit vb.), endüstri kuruluşlarından çevreye yayılan zehirli sıvı ve gaz maddeler, oluşan yangınlar (karbon monoksit, karbon dioksit vb.) ile tarım alanında kullanılan kimyasal bileşikler (azot oksitleri, vb.) olarak özetlemek mümkündür.

Yapı dışı hava kirleticileri olarak bilinen kirleticilerin bir kısmı aynı zamanda doğrudan ya da dolaylı olarak yapı içi hava kirletici de olabilmektedir. Karbon monoksit, kükürt dioksit vb. gazlar ile formaldehit gibi uçucu organik bileşikleri, radon, mikroorganizmalar örnek verilebilmektedir.

Çizelge 2.3 'de yapı dışından kaynaklanan kirleticiler ve kirlilik kaynakları verilmiştir.

Çizelge 2.3 Dış kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması (Ek, 1995; Vural, 2004); [35]

Yapı Dışı Kaynaklı Kirleticiler					
Doğal Ortam Kaynaklı Kirleticiler			Dış Ortam Etkinlikleri Kaynaklı Kirleticiler		
Kaynak	Gazlar	Parçacıklar	Kaynak	Gazlar	Parçacıklar
Taş	<u>Zararlı Doğal Gazlar</u> Radon, ...	<u>Asılı Parçacıklar</u> Asbest, ...	Tarım	<u>Yanma Ürünleri</u> Azot oksitler, ...	
Toprak	<u>Zararlı Doğal Gazlar</u> Radon, ...	<u>Asılı Parçacıklar</u> Asbest, ...	Yangın	<u>Yanma Ürünleri</u> Azot oksitler, Karbon dioksit, Karbon monoksit, Kükürt dioksit, ...	<u>Asılı Parçacıklar</u> Duman, İs, Mis, Sis, ...
Su	<u>Zararlı Doğal Gazlar</u> Radon, ...	<u>Asılı Parçacıklar</u> Asbest, ...	Sanayi (enerji santralleri dahil)	<u>Yanma Ürünleri</u> Karbon dioksit, Karbon monoksit, Kükürt dioksit, ...	<u>Asılı Parçacıklar</u> Asbest, ...
Bitki	<u>Yanma Ürünleri</u> Karbon dioksit (solunumla çıkan) ...	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, Çiçek tozları, Alerjenler, ...		<u>Uçucu organik bileşikler (VOCs)</u> Benzen, Formaldehit, ...	
Hayvan	<u>Yanma Ürünleri</u> Karbon dioksit (solunumla çıkan) ...	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, Haşereleler, Alerjenler, ...		<u>Zararlı Doğal Gazlar</u> Ozon, ...	
Deprem	<u>Yanma Ürünleri</u> Metan, ...				

Çizelge 2.3 Dış kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması (Ek, 1995; Vural, 2004); [35] (devam)

Yapı Dışı Kaynaklı Kirleticiler					
Doğal Ortam Kaynaklı Kirleticiler			Dış Ortam Etkinlikleri Kaynaklı Kirleticiler		
Kaynak	Gazlar	Parçacıklar	Kaynak	Gazlar	Parçacıklar
Şimşek	<u>Yanma Ürünleri</u> Azot oksit, ...		Isınma	<u>Yanma Ürünleri</u> Azot oksit, Karbon monoksit, Karbon dioksit, Kükürt dioksit, ... <u>Uçucu Organik Bileşikler (VOC)</u> Formaldehit, ...	<u>Asılı Parçacıklar</u> Duman, Mist, Sis, ...
Volkan	<u>Yanma Ürünleri</u> Azot oksit, Karbon monoksit, Karbon dioksit Kükürt dioksit, Metan, ...	<u>Asılı Parçacıklar</u> Duman, Mist, Sis, ...		Trafik (egzoz)	<u>Yanma Ürünleri</u> Azot dioksit, Formaldehit, Karbon dioksit, Karbon monoksit, ... <u>Zararlı Doğal Gazlar</u> Ozon, ...

2.1.3.2 Yapının İçinden Kaynaklanan Yapı İçi Hava Kirleticileri

Yapı içinde gerçekleşen eylemlerden ya da kullanılan ürünlerden kaynaklanarak oluşan ve yapı içi havasını olumsuz etkileyen kirleticilerdir. Yapı içi havasını olumsuz etkileyen kirleticiler iki başlık halinde incelenmiştir.

2.1.3.2.1 Kullanıcı Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticileri

Yapı içinde yaşayan insan ve diğer canlı (hayvan, bitki) eylemlerinden oluşan kirleticilerdir. Canlının biyolojik ve fizyolojik eylemleri (solunum, idrar, terleme, öksürme, deri dökme, kepek, tırnak düşmesi, saç dökülmesi vb.) sonucunda oluşan (karbondioksit, amonyak, alkol, idrar, su, saç, kıl, ölü deri vb.) kirleticilerle mesleki işleri ve hobileriyle (bitki yetiştirme, hayvan besleme, ev işleri, yemek pişirme, çamaşır-bulşık yıkama, banyo yapma, makyaj, sigara kullanımı, fotokoğı, kesme, yapıştırma, boyama vb.) oluşan (alerjik maddeler, polenler, sporlar, mikroorganizmalar, formaldehit, benzen, toz, ozon vb.) kirleticiler yapı içi havasına katılmaktadır.

Çizelge 2.4 'de kullanıcı eylemlerinden kaynaklanan kirleticiler ve kirlilik kaynakları verilmiştir.

Çizelge 2.4 Kullanıcı kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması (Ek, 1995; Vural, 2004); [35]

Kullanıcı Kaynaklı Kirleticilerin Sınıflandırılması					
Fizyolojik Eylemler			Biyolojik Eylemler		
Kaynak	Gazlar	Parçacık	Kaynak	Gazlar	Parçacık
Deri dökme	–	<u>Organizmalar</u> Bakteriler, Mikroorganizmalar, ...	Bitki solunumu	<u>Yanma Ürünleri</u> Karbon dioksit, Su buharı, ...	–
Saç dökme	–	<u>Organizmalar</u> Bakteriler, Mikroorganizmalar, ...	Hayvan solunumu	<u>Yanma Ürünleri</u> Karbon dioksit, Su buharı, ...	<u>Organizmalar</u> Bakteriler, Mikroorganizmalar, ...
Tırnak kesme	–	<u>Organizmalar</u> Bakteriler, Mikroorganizmalar, ...	İnsan solunumu	<u>Yanma Ürünleri</u> Karbon dioksit, Su buharı, ...	<u>Organizmalar</u> Bakteriler, Mikroorganizmalar, ...
Terleme	Amonyak, Su buharı, ...	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, ...	Sigara kullanımı	<u>Yanma Ürünleri</u> Azot oksitler, Karbon dioksit, Karbon monoksit, ...	<u>Asılı Parçacık</u> Duman, Mist, ...
Öksürme	–	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, Virüs, ...		<u>Uçucu Organik</u> <u>Bileşikler</u> Formaldehit ...	
İdrar	Amonyak, ...	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, ...			

Çizelge 2.4 Kullanıcı kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması (Ek, 1995; Vural, 2004); [35] (devam)

Kullanıcı Kaynaklı Kirleticilerin Sınıflandırılması					
Mesleki Eylemler			Ev İşleri/Hobi		
Kaynak	Gazlar	Parçacık	Kaynak	Gazlar	Parçacık
Kesme	–	Parçacıklar ...	Temizlik	<u>Uçucu organik bileşikler (VOCs)</u> Formaldehit, ...	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, ...
Kopyalama	<u>Zararlı Doğal Gazlar</u> Ozon, ...	–	Yemek pişirme, ısınma	<u>Yanma Ürünleri</u> Azot oksitler, Karbon dioksit, Karbon monoksit Kükürt dioksit, ...	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, ...
Yapıştırma	<u>Uçucu Organik Bileşikler</u> Formaldehit, ...	–	Süpürme	–	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, ...
Hayvan besleme	<u>Yanma Ürünleri</u> Karbon dioksit, ...	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, ...	Hayvan besleme	<u>Yanma Ürünleri</u> Karbon dioksit, ...	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, ...
Bitki yetiştirme	<u>Yanma Ürünleri</u> Karbon dioksit, ...	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, ...	Bitki yetiştirme	<u>Yanma Ürünleri</u> Karbon dioksit, ...	<u>Organizmalar</u> Mikroorganizmalar, ...
			Makyaj	<u>Uçucu Organik Bileşikler</u> Formaldehit, ...	–

Çizelge 2.4 Kullanıcı kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması (Ek, 1995; Vural, 2004); [35] (devam)

Kullanıcı Kaynaklı Kirleticilerin Sınıflandırılması					
Mesleki Eylemler			Ev İşleri/Hobi		
Kaynak	Gazlar	Parçacık	Kaynak	Gazlar	Parçacık
Yanma kaynaklı	<u>Yanma Ürünleri</u> Azot oksitler, Karbon dioksit, Karbon monoksit, ... <u>Uçucu Organik Bileşikler</u> Formaldehit, ...	<u>Asılı Parçacık</u> Mist, Duman, ...	Sprey, deodorant, parfüm	<u>Uçucu Organik Bileşikler</u> Formaldehit, ...	
Boyama	<u>Uçucu Organik Bileşikler</u> Benzen, Formaldehit, Tolüen, ...	–			

2.1.3.2.2 Yapı Ürünleri Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticileri

Yapıdan kaynaklanarak, yapı içi havasını kirlüten maddeler, yapının tasarım özelliklerinden, yapı içi kullanılan ürünlerden, yapı içinde kullanılan teknik hizmetlerden kaynaklanmakta ve insan sağlığını olumsuz olarak etkilemektedir. Beton, taş, tuğla vb. ürünlerde bulunan radondan, yalıtım ürünlerindeki asbeste, formaldehite, yapıştırıcılarda bulunan uçucu organik bileşiklerden, temiz ve pis su sistemindeki bakterilere, organik maddelere kadar çeşitlilik göstermektedir.

Çizelge 2.5 ‘de yapıda kullanılan ürünlerden kaynaklanan kirleticiler ve kirlilik kaynakları verilmiştir.

Çizelge 2.5 Yapıda kullanılan ürün kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması (Balanlı ve Taygun, 2005; Balanlı ve Taygun, 2002; Spengler, 2000; Öztürk, 1995; Patrick, 1994; Yocom ve McCarthy, 1991; Balanlı, Vural ve Taygun, 2004; Vural, 2004; TS 12281 ve 12093; Corn, 1993; Tucler, 2000; Wagner, 1991); [35]

Yapıda Kullanılan Ürün Kaynaklı Kirleticilerin Sınıflandırılması		
Yapı Ürünleri	Kirleticiler	
	Gazlar	Parçacıklar
Alçı Blok Levha	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Ksilen, Tolüen, ... <u>Zararlı Doğal Gazlar:</u> Radon, ...	<u>Asılı Parçacıklar:</u> Asbest, ...
Beton	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Formaldehit, ... <u>Zararlı Doğal Gazlar:</u> Radon, ...	<u>Asılı Parçacıklar:</u> Asbest, ...
Taş	<u>Zararlı Doğal Gazlar:</u> Radon, ...	
Tuğla	<u>Zararlı Doğal Gazlar:</u> Radon, ...	

Çizelge 2.5 Yapıda kullanılan ürün kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması (devam)

Yapıda Kullanılan Ürün Kaynaklı Kirleticilerin Sınıflandırılması		
Yapı Ürünleri	Kirleticiler	
	Gazlar	Parçacıklar
Sıva	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Etil benzen, Formaldehit, Tolüen, ...	<u>Asılı Parçacıklar:</u> Asbest, ...
Boya, Cila, Vernik	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Asetaldehit, Benzen Etil benzen, Etil tolüen, Formaldehit, Hekzan, Ksilenler, Stearin, Tolüen, Tri-metilbenzen, ...	<u>Asılı Parçacıklar:</u> Asbest, ...
İşlem Görmüş, Yapay Ahşap	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Asetaldehit, Benzen, Etil benzen, Formaldehit, Hekzan, Ksilenler, Kloroform, Metilen klorür, Stearin, Tolüen, Tri-metilbenzen, ... <u>Yanma Ürünleri:</u> Asetikasit Formikasit, Karbonmonoksit, Metilalkol ...	<u>Organizmalar:</u> Ev tozu Akaratları, Kurt, Küf, Mantar, ...

Çizelge 2.5 Yapıda kullanılan ürün kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması (devam)

Yapıda Kullanılan Ürün Kaynaklı Kirleticilerin Sınıflandırılması		
Yapı Ürünleri	Kirleticiler	
	Gazlar	Parçacıklar
Duvar Kağıdı	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Tolüen, ... <u>Yanma Ürünleri:</u> Asetikasit, Formaldehit, Formikasit, Karbonmonoksit, Metilalkol, ...	<u>Organizmalar:</u> Mantar, ...
Halı	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Asetaldehit, Butadin, Etil benzen, Formaldehit, Hekzan, Ksilenler, Stearin, Tolüen, Tri-metilbenzen, ... <u>Yanma Ürünleri:</u> Asit siyandırık, ...	<u>Organizmalar:</u> Ev Tozu Akarları, Mantar, ...
PVC	<u>Yanma Ürünleri:</u> Benzen, Dioksin, Etil benzen, Formaldehit, Fosgen, Hidrojen klorür, Kadmiyum, Karbon dioksit, Karbon monoksit, Klor, Ksilenler, Tolüen, Vinilklorür, ...	

Çizelge 2.5 Yapıda kullanılan ürün kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması (devam)

Yapıda Kullanılan Ürün Kaynaklı Kirleticilerin Sınıflandırılması		
Yapı Ürünleri	Kirleticiler	
	Gazlar	Parçacıklar
Yalıtımlar	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Asetaldehit Etil benzen Formaldehit Stearin ...	<u>Asılı Parçacıklar:</u> Asbest ...
Yapıştırıcılar	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Benzen Etil benzen Formaldehit Stearin Tolüen Tri-metilbenzen ...	<u>Asılı Parçacıklar:</u> Asbest ...
Sentetik Kumaş	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Formaldehit ... <u>Yanma Ürünleri:</u> Asit siyandirik ...	
Plastik	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Formaldehit ... <u>Yanma Ürünleri:</u> Karbonmonoksit Hidroklarik asit Hidrojen siyanür Azot oksitleri ...	
Pişirme ve Isıtma Araçları	<u>Yanma Ürünleri:</u> Karbonmonoksit Karbon dioksit Azot dioksit Kükürtdioksit ... <u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Formaldehit Tolüen ...	<u>Asılı Parçacıklar:</u> Asbest ...

Çizelge 2.5 Yapıda kullanılan ürün kaynaklı kirleticilerin sınıflandırılması (devam)

Yapıda Kullanılan Ürün Kaynaklı Kirleticilerin Sınıflandırılması		
Yapı Ürünleri	Kirleticiler	
	Gazlar	Parçacıklar
Sıcak Soğuk Su Sistemleri	<u>Zararlı Doğal Gazlar:</u> Radon ...	<u>Asılı Parçacıklar:</u> Asbest ... <u>Organizmalar:</u> Lejyonella Bakterisi ...
İklimlendirme Sistemleri	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Asetaldehit Formaldehit ... <u>Zararlı Doğal Gazlar:</u> Ozon ...	<u>Organizmalar:</u> Lejyonella Bakterisi ...
Ofis Aygıtları	<u>Uçucu Organik Bileşikler (VOCs):</u> Asetaldehit Etil benzen Formaldehit Ksilenler Stearin Tolüen ... <u>Zararlı Doğal Gazlar:</u> Ozon ...	

2.1.4 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Tanımlanması

Kirleticileri, özelliklerini ve kaynaklarını bilmek, bu kirleticilere karşı önlem almak için gerekli ve doğru bir adımdır. Belirtilen kirleticilerin büyük bir bölümü farklı kaynaklı kirleticiler grubunda da yer almaktadır. Bu nedenle kirleticiler genel bir başlık altında incelenmiştir.

- **Azot oksitler (NO_x)**

Azot; renksiz, kokusuz ve çeşitli oksitler oluşturan bir gazdır. Bu oksitlerden bir kısmı ölçülebilir değerlerde bulunmaktadır. Normal şartlar altında (0°C ve 76 cm. civa basıncında), 1 lt. azot gazının ağırlığı, 1,2025 gr. dır (Günay, 1994). Yoğunluğu ise 500 ppb yani 940 µg/m³ tür (Burr, 2000).

Yapı içindeki azot oksit miktarı yapı dışındaki miktardan da etkilenmektedir. Azot oksitlerin atmosferdeki derişimi 1750 yılından beri % 17 oranında artmıştır. Bu artış günümüzde de devam etmektedir. Bunun nedenlerinin başında, tarımda kullanılan gübreler, büyükbaş hayvan yemleri ve kimya sanayii gibi insan faaliyetleri ile ateşlemeli motorlarda yüksek ısıda azotun oksijenle birlikte yanması ve yüksek ısılarda şimşek çakması sonucunda yoğun olarak havada kendiliğinden oluşmaktadır. Tüm bu oluşum nedenlerinden dolayı azot oksitler yapı dışı kaynaklı hava kirleticileri olabilmektedir.

Azot oksitlerin atmosferde en çok bulunan şekli azot monoksit ve azot dioksittir. Yapı içinde önemli azot oksit kaynakları yangınlar, gazlı ocaklar, ısıtıcılar, elektrikli bazı ev ve büro donanımları, sigara dumanı vb. dır. Azot oksitler bu nedenle kullanıcı eylemi kaynaklı yapı içi hava kirleticisi olarak da tanımlanabilmektedir.

Yanma olaylarında azot monoksitin, azot dioksitten daha fazla ortaya çıkmasına rağmen insan sağlığı açısından azot dioksit daha etkili ve tehlikeli bir gazdır. Çeşitli eylemler sonucunda, yapı içinde çeşitli oranlarda azot oksitler birikmektedir. Yapı içinde azot oksit yoğunluğu, yapı içi eylemlerinden dolayı, mutfaklarda diğer bölümlere göre daha fazladır. Bunun nedeni elektrikli ve gazlı fırının, ocağın vb. ev aletlerinin yanma sonucu azot oksit oluşturmalarıdır. Tek gözlü ocak yakıldığında azot oksit yoğunluğun, 500 µg/m³, fırın kullanıldığında 1100 µg/m³ olduğu gözlenmiştir (Burr, 2000).

Astımlı kişiyi etkileyecek en düşük yoğunluğu baz alan WHO, etkilenmenin 24 saatte 400 µg/m³ (210 ppb)'ü geçmemesini önermektedir (WHO; 1987b).

Yapı içindeki azot oksit miktarını havalandırma olmaksızın azaltabilen tek şey yeşil bitkilerdir. Toprakta bulunan birtakım bakteriler, havanın azotunu bağlayarak bitkilerin

yararlanabileceği bileşiklere dönüştürür. Bu şekilde, bitkiler bütün canlılar için gerekli olan azotlu bileşikleri ve proteinleri üretir. Tüm proteinlerin yapı taşları içerisinde, azot bileşikleri bulunmaktadır (Günay, 1994).

- **Karbon dioksit (CO₂)**

Karbon dioksit, karbonun oksijenle yanması sonucu oluşan, kokusuz, tatsız, renksiz bir gazdır. Karbon dioksit atmosferin doğal bir birleşenidir ve yoğunluğu 350 ppm'dir (Yokom ve McCarthy, 1991).

Karbon, doğada mineral biçiminde (kömür, elmas, gaz olarak), suda çözünmüş durumda (karbon dioksit) veya organik biçimde bulunabilmektedir. Canlı varlıkların temel yapı maddesi olan organik karbon, fotosentez süreçleri yoluyla atmosferde veya deniz suyunda çözünmüş olarak bulunan karbon dioksit gazından yararlanarak üretilir. Yeşil bitkiler, hayvansal ve bitkisel parazitler, organik maddeleri parçalayarak, karbonu karbon dioksit gazına çevirir. Artıklar, dışkılar ve kadavralar da parçalanma sonucu dönüşüme uğrayarak yapılarındaki karbon dioksit açığa çıkar. Atmosferde gaz, suda ise çözünmüş olarak bulunan karbon dioksit, canlıların başlıca karbon kaynağıdır. Hayvanların vücutlarındaki karbonun bir bölümü karbon dioksit olarak, solunum yoluyla atmosfere geri verilir. Bütün canlıların kalıntı ve atıklarındaki karbon ise, çürüme ve bozulma gibi bir dizi işlem sonucunda karbon dioksit olarak açığa çıkar. Organik karbonun bir bölümü, kömür, petrol gibi fosil yakıtlarda birikmiş olarak bulunmaktadır. Bunların yakılmasıyla, atmosfere bol miktarda karbon dioksit verilir. Bunun büyük bölümü, hızla deniz ve okyanuslara geçer ve karbonatlar halinde birikir. Ayrıca yanardağ püskürmeleri, atmosfere bol miktarda karbon dioksit yayar [23]. Fabrikaların bacalarından, araçların egzozlarından yoğun bir şekilde atmosfere yayılan gazlar da yapı dışı havasının karbon dioksit seviyesinin artmasına neden olmaktadır.

Yapı içindeki tüm yanma eylemi (ocak, ısıtıcı, sigara) ve biyolojik eylemler (insan, hayvan ve bitki solunumu) birer yapı içi karbon dioksit kaynağıdır ve kullanıcı kaynaklı yapı içi hava kirleticisi olarak sınıflandırmak mümkündür.

Dinlenmekte olan bir insan 0.30 lt/dk karbon dioksit üretmektedir (Wadden ve Scheff, 1983). Yapı içi karbon dioksit yoğunluğu ASHRAE 1982 'de 8 saatte 500 ppm olarak verilmektedir (Vural, 2004).

WHO'nun yapı içinde belirlediği maksimum karbon dioksit oranı %0,5, NASA'nın belirlediği oran ise %1 ya da daha az olarak belirtilmektedir [33].

Dış ortamda bulunan karbon dioksit miktarı 300–400 ppm arasındadır [34]. Günümüzde

genellikle kapalı ortamlarda karbon dioksit miktarı 800-1000 ppm düzeyine geldiğinde o ortamda yaşayanlarda çeşitli rahatsızlıkların başladığı bildirilmektedir. TS 12281 'e göre yapı içi karbon dioksit değeri 800 ppm'i aşmamalıdır.

Karbon dioksit gazının atmosferdeki oranı 1750 yılından günümüze kadar % 31 oranında artmıştır. Son yirmi yılda, atmosferdeki karbon dioksit gazının yıllık artışı % 0,4 olmuş, 1990'dan sonra ise yıllık artış % 0,2 ile 0,8 arasında değişmiştir. Bu da insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen bir etmen haline gelmiştir [48].

- **Karbon monoksit (CO)**

Karbon monoksit; karbon atomu içeren herhangi bir maddenin yanma işleminin tam olarak gerçekleşmemesi sonucu oluşan, renksiz, kokusuz, tatsız ve zehirli bir gazdır. Yanma sonucu oluşan karbon monoksit solunum sırasında fark edilmediğinden insan sağlığı için çok büyük tehlike oluşturmaktadır. Ortamda % 0,1 gibi düşük bir yoğunlukta olması bile insanı öldürebilmektedir (Başgül, 2004). Karbon monoksit hem yapı içi hem de yapı dışı hava kirleticisidir. Yapı dışında, egzoz dumanı en büyük karbon monoksitin kaynağıdır. Bunun yanında yanardağdan fışkıran lavlar, uzaya gönderilen hava araçları için kullanılan yakıtlar ve jeneratörler de karbon monoksit oluşturan yapı dışı kirletici kaynaklarıdır [16]. Havalandırması yetersiz kalan yanma araçları (gaz ocakları, ısıtıcılar vb.) ve sigara dumanı kullanıcı kaynaklı yapı içi karbon monoksit kirliliğini oluşturmaktadır. Dünyada birçok ülkede karbon monoksit sınır değerleri belirlenmiş ve dış çevre karbon monoksit kaynakları denetim altına alınmıştır [16].

Yapı içi havasında karbon monoksitin Kanada standartlarına göre 1 saatte 25 ppm, 8 saatte 11 ppm 'den az olması gerekir (Vural, 2004). TSE standartlarına göre ise 8 saatlik etkilenimde 9-10 ppm'i, 1 saatlik solunumla alınabilecek en fazla karbon monoksit 25 ppm'i geçmeyecek şekildedir (TS 1228).

- **Kükürt dioksit (SO₂)**

Kükürt dioksit, keskin kokulu, renksiz reaktif bir gazdır ve çoğunluğu fosil yakıtların (kömür ve petrol) yanması sonucunda meydana gelen yanma ürünüdür. Bu nedenle ayrıntılı bir biçimde incelenmiş bir gazdır. Kükürt dioksitin ana kaynakları, termik santraller ve endüstriyel kazanlardır. Özellikle yoğun olarak fabrikaların bulunduğu bölgelerde yapı dışındaki kirlilik yoğunluğu yapı içine göre oldukça fazladır. Yapı içinde sobalarda kullanılan kömür ve gazyağı ile yanan ev ısıtıcıları kükürt dioksit kaynağıdır. Gazyağı ve kömür gibi yakıtların kullanılmadığı yapılarda kükürt dioksit oranı, bu yakıtların kullanıldığı yapılara göre daha düşüktür.

Fosil yakıtlar (petrol, kömür vb.) % 0.5 ile % 6 arasında kükürt içerir. Petrol ve kömür gibi fosil yakıtların yanması sonucunda kükürt yoğunlukla Kükürt dioksit şeklinde atmosfere yayılır. Atmosferde kükürdün yarılanma hızı 24 saat olup atmosferde kalıcılık süresi 40 günü bulmaktadır. Atmosfere atılan kükürt dioksit sürüm miktarının büyük çoğunluğunu insan etkinlikleri oluşturmaktadır. Kükürt dioksitten dönüşüm reaksiyonları katalitik ve fotokimyasal olarak iki şekilde meydana gelmektedir. Katalitik oksidasyonlar yüksek nem ve parçacık yoğunlaşmasından meydana gelen oksidasyonlardır [36]. Temiz havada, homojen tepkime yoluyla kükürt dioksit çok yavaş olarak kükürt trioksite oksitlenir. Eğer ortamda su varsa hızlı olarak sülfürik aside dönüşür. Kükürt dioksit atmosfere çıktıktan sonra bir dizi tepkimeye uğramaktadır (Akman, 1999); [29].

Kükürt dioksit yoğunluk değeri, dumanın var olması halinde $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dumanın olmaması halinde $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. ABD 'de yoğunluk sınırı $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, izin verilebilen en yüksek sınır ise $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Bu sınırlar dış ortam için belirlenmiştir. Ancak İngiltere'de yapı içinde de bu değerler uygulanmaktadır (Burr, 2000). Kükürt dioksitin etkisi soğuk havalarda daha da artmaktadır (Dirican ve Bilgel, 1993).

- **Ozon (O₃)**

Ozon, taşıt egzozlarından ve diğer yanma işlemlerinden ortaya çıkan azot oksitlerin ve hidrokarbonların güneş ışınlarıyla tepkimeye girmesi sonucunda oluşan açık mavi renkli, keskin kokulu, bir hayli zehirli bir gazdır. Ozon kaynakları, daha çok yüksek enerji kullanılan makineler, yeraltı tren istasyonları ile yapı dışı; fotokopi makineleri, hava temizleyicileri vb. gereçlerle yapı içi hava kirleticileridir [22]. —111,3 °C'de kaynamaktadır [38; 46]. Ozon hem yer seviyesinde hem de üst atmosferde oluşur. Bulunduğu yerde faydalı veya zararlı olabilir [30].

Faydalı Ozon; atmosferin üst tabakasında yer kürenin 6–30 mil üzerinde oluşur ve canlıları, güneşin zararlı ışınlarından korur [30].

Zararlı Ozon; yer yüzeyine yakın seviyede; otomobiller, enerji santralleri, endüstriyel kazanlar, rafineriler, kimyasal madde üreten fabrikalardan ve benzeri kaynaklardan atmosfere verilen kirleticilerin, güneş ışınları ile kimyasal reaksiyona girmesiyle oluşur. Yer seviyesindeki ozon, zararlı bir kirleticidir. Ozon kirliliği, özellikle yaz aylarında güneşli havalarda oluşmaktadır [30].

Ultraviyole ışığı kullanmakta olan fotokopi makinelerinde ozon yoğunluğu oldukça yüksektir. Belirgin kokusu nedeniyle varlığı hemen belirlenebilmektedir.

Ozon yoğunluğu güneş ışığına bağlı olarak gün içinde bulunulan bölgenin açık alanda olup olmamasına göre değişik değerlerde görülmektedir [11]. WHO'nın yapmış olduğu araştırmaya göre ozon için 1 saatte kabul edilebilir sınır değeri 150-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, TS'na göre ise 8 saatte 100-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir.

- **Radon (Rn)**

Radon, radyum 226'nın radyoaktif bozunumu sonucu ortaya çıkan renksiz, kokusuz, tatsız, gözle görülmeyen ve yanıcı olmayan radyoaktif bir gazdır. Yarı ömrü 3.8 gündür. Ölçü birimi bekerel (Bq)'dir. Radon, $-61,8^\circ\text{C}$ 'de sıvılaşır ve $-71,0^\circ\text{C}$ 'de donar [21]. Radon gazı, 1899 yılında Ernest Rutherford ve 1900 yılında Friedrich Ernst Dorn tarafından keşfedilmiştir. Radon, doğal olarak her yerde bulunabilmektedir. Çünkü radon; kaya, toprak ve suda bulunan doğal uranyumun radyoaktif bozulmaları sonucunda oluşan bir gazdır. Doğada bulunması nedeniyle yapı dış kaynaklı hava kirletici olmaktadır. Yapı içi havasına ise, yapıda kullanılan taş, toprak, su, kum, çimento, beton, tuğla, granit, vb. yapı ürünlerinden, havalandırma, ısıtma sistemleri ve yalıtım ürünlerinden girmektedir [7]. Bu nedenle de ürün kaynaklı bir kirlilik de söz konusu olmaktadır. Yapı içi radon yoğunluğunda yapının bulunduğu yerin coğrafik konumu önemlidir [9]. Toprağın, su ve gaz geçirgenliği, nemi, basıncı ve sıcaklığı, toprağın gözenekliliği, toprakla yapı arasındaki basınç farkı, radon gazı yoğunluğunu etkiler (Vural, 2004; Balanlı, Vural, Taygun, 2004). Radon gazı suda çözünür ve suyun sıcaklığı arttıkça sudan ayrılarak havaya karışır.

- **Asılı Paracıklar**

Asılı parçacıklar; duman, is, kurum, sis, toz, olarak adlandırılır.

Duman: Karbon ve diğer yanma ürünlerinin tam yanmaması sonucunda oluşan parçacıklardır.

İs: Gazların yoğunlaşması ya da kimyasal reaksiyonu sonucu oluşan, 1μ 'dan küçük boyutlu parçacıklardır (Tünay ve Alp, 1996).

Kurum: Tam olmayan yanma sonucunda katran karışmış karbon parçacıklarıdır (Tünay ve Alp, 1996).

Sis: Su buharının yoğunlaşması veya donarak kristalleşmesi sonucu ortaya çıkan çok küçük su damlacıkları veya buz kristalleridir.

Toz: Havada bir süre asılı kalabilen, yer çekimi etkisiyle havadan ayrılan parçacıklardır (Tünay ve Alp, 1996).

Asılı parçacıklar, atmosferde normal şartlarda katı ya da sıvı olarak bulunan çapları $0,1\mu\text{m}$ ile

100 µm arasında değişen maddelerdir (İncecik, 1994). Toz boyutu 100-0,1 µm, smog boyutu 0,5-0,001 µm ve gaz boyutu 0,01-0,00001 µm arasında değişir (Öztürk, 2005). Asılı parçacıkların başlıca kaynaklarını çimento fabrikaları, metal endüstrisi ile araçlar oluşturur. Asılı parçacıkların en büyük doğal kaynağı volkanlardır (İncecik, 1994); [2]. Bunların dışında; ısınmada kullanılan katı ve sıvı yakıtların satış yerleri, motorin kullanan taşıtlar, kömür kullanan termik santraller, ilaç ve kireç sanayi, kok kömürü, beton, çimento, kâğıt, sıcak asfalt, alüminyum, çelik, taş, çinko, bakır üretim tesisleri, seramik, briket, tehlikeli atık, çöp yakma tesisleri, yol inşaatı, oldukça yoğun parçacık kirliliği oluşturan etkinliklerdir (Öztürk, 2005). Asılı parçacıklar daha çok yapı dışından yapı içine girmektedir, yapı içinde ise, ev hayvanlarından, kullanıcı aktivitelerinden oluşmaktadır.

Genel olarak parçacıklar için verilmiş sınır değeri Kanada Standartlarına göre; kısa süre etkisinde kalındığında; 1 saatte <100 mg/m³, uzun süre etkisinde kalındığında; <40 mg/m³ olarak belirlenmiştir.

- **Asbest**

Asbest; doğal olarak oluşan, ezildiği ya da işlendiğinde kolaylıkla uzun, ince ve esnek liflere ayrılabilen inorganik silikat bileşiklerine verilen mineralojik bir addır (TS, 11597). En çok bilinen üç türü beyaz (chrysotile), mavi (crocidolite) ve kahverengi (amosite) asbesttir (NSCA, 1986; Ek, 1995).

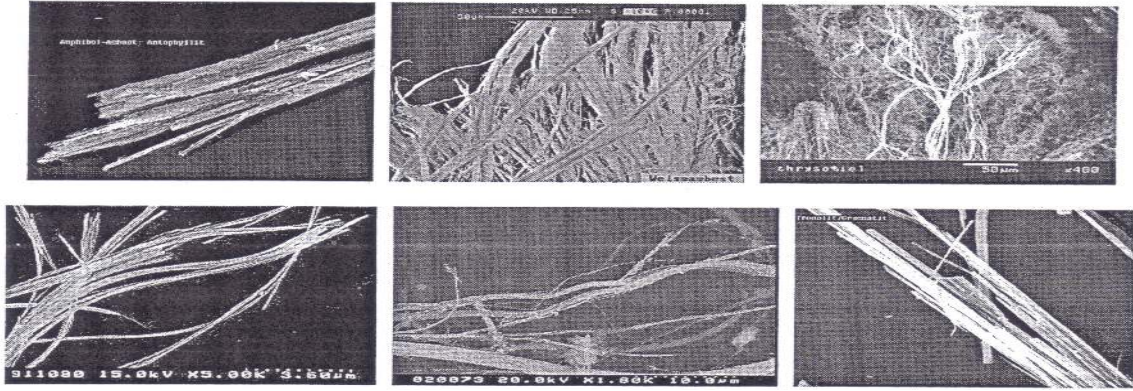
Asbestin endüstride yaygın olarak kullanılması 19. yüzyıl başlarında Kanada'daki zengin asbest yataklarının işletilmesinden sonra başlamıştır (İrkeç, 1990). Yanmazlığı, ısı yalıtım niteliği, sıcaklık ve asitlerden etkilenmemesi, yüksek elektrik direnci, esnekliği, kolay eğilip bükülmesi vb. özellikleri ile asbest; çatı ve duvar levhaları, döşeme kaplaması, sıva, boru, soba, araba fren ve debriyaj balataları, boya, gaz maskesi filtresi, ev aletleri (ekmek kızartma, saç kurutma makinesi vb.), paketleme ürünleri, halat, iplik ve giysi üretiminde, yalıtım malzemelerinde, yanmayı geciktirici olarak kâğıt ve tekstil ürünlerinde, kullanılmıştır (Bower, 2000; Yu, 2001; Anon, 1979; Ek, 1995); [44]. Asbest bu özelliği nedeniyle yapılarda yoğun olarak kullanılmasıyla da yapı içine, ürün kaynaklı kirletici olarak girmektedir. Ayrıca, asbestin çıkartılması, taşınması, işlenmesi, öğütülmesi, asbestli yapının yıkılması, asbestli gemi ve araçların sökülmesi, motorlu taşıtlar, içinde asbest bulunan maden atıklarından dış havaya karışarak dış ortam havasına karışmasıyla dış kaynaklı hava kirleticisi olmaktadır (Balanlı, Taygun, 2005).

Dünyada birçok ülke asbest kullanımına insan sağlığına verdiği zararlardan dolayı son

vermiştir. Avrupa Birliği ülkelerinden Almanya asbest ithalat ve kullanımını geçtiğimiz yıllarda sıfırlamıştır. Danimarka, Hollanda ve İtalya gibi diğer ülkeler ise asbest kullanımını yasaklamıştır. Türkiye, asbest rezervleri bakımından dünyanın en zengin ilk 10 ülkesinden biridir. Aynı zamanda ülkemiz asbest ithal eden ilk 10 ülke arasında yer almaktadır [49].

Asbest için izin verilen en yüksek doz 1 lif/cm³ tür. TSE 11597 işyeri havasındaki asbest etkilenimi için en çok; 0,6 lif/cm³/8 saat krizotil, 0,3 lif/cm³/8 saat krizotil dışındaki lifler ya da 0,3 lif/cm³/8 saat krizotil karışımlar değerlerini vermektedir (TS, 11597). WHO yapmış olduğu araştırmalarda asbest için kabul edilebilir değer belirlememiştir.

Şekil 2.2’da asbest çeşitlerini gösteren resimler verilmiştir.



Şekil 2.1 Asbest çeşitleri (Balanlı., Taygun., 2007)

- **Uçucu Organik Bileşikler (VOC)**

Atmosferde bulunan ve elementel karbon, karbondioksit ve karbon monoksit dışındaki karbonlu bileşikler olarak tanımlanan uçucu organik bileşikler (VOC) hava kirleticilerinin önemli bir sınıfını oluşturmaktadır (Kılıç, 1997). Uçucu organik bileşikler oda ısısında buharlaşabilen kimyasallardır. Endüstriyel ve evsel uğraşılardan, taşıtlardan, bu maddelerin doldurulup boşaltıldığı yerlerden ve biyolojik bozunmaların olduğu ortamlardan atmosfere yayılır. Taşıtlardan ise gerek tam yanma sonucunda gerekse yakıtların doldurulması ve boşaltılması anında atmosfere uçucu organik bileşik salınır. Bu yayılma ile yapı dış kaynaklı kirleticiler olan uçucu organik bileşikler yapı içerisine girmektedir. Endüstride uçucu organik bileşikler ya üretilir ya da çözücü veya reaktif kimyasal madde olarak kullanılır. Uçucu organik bileşikler oluşturan işlemlerin başlıcaları kimya ve petro kimya tesisleri, metal kaplama ve dekorasyon işleri, boyama, film endüstrisi, metal işleme, kauçuk ve yapıştırıcı üretimi ve kullanımı, ağaç işleme, kâğıt üretme, fiber ve seramik üretme, toprak iyileştirme, kahve kavurma, yemekhaneler, fırınlar ve tüm sterilizasyon işlemleridir. Bu da uçucu organik

bileşiklerin, üretildiği ürün yoluyla yapı içine kirletici olarak girmesi demektir. Uçucu organik bileşikler evsel faaliyetlerden yani kullanıcı eylemleri yoluyla da yapı içine girerek ortam havasını kirletmektedir. Sıvı veya katı temizlik malzemelerinin kullanımı, boyama işlemleri, makyaj malzemeleri, sprey ve koku giderici ürünler, yapıştırıcı kullanımı, zeminin halıyla veya ahşapla kaplanması, ocak veya soba yakılması, yemek pişirilmesi gibi faaliyetler de uçucu organik bileşikleri oluşturmaktadır. Kısacası sudaki klordan evde kullanılan cilaya, dış ortam havasından, ayakkabı boyasına kadar birçok nedenle ev ortamında bulunmaktadır. Yapıdaki uzun süreli VOC yoğunlukları yapay ve doğal ürünlerin varlığında kullanıcı eylemleri sonucunda, kısa süreli yoğunluklar ise hobi ya da temizlik ürünlerinin kullanımı ve çözücülü boya uygulamaları sonucunda oluşmaktadır (Vural, 2004).

Çizelge2.6’da yapı içi buhar durumundaki organik bileşikler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.6 VOC için Dünya Sağlık Örgütü’nün sınıflandırma sistemi (Tuckler, 2000)

Tanımlama grupları	Kısaltma	Kaynama noktası aralığı, ° C*
Çok uçucu organik bileşikler	VVOC	<0’dan 50–100
Uçucu organik bileşikler	VOC	50–100 ’den 240–260
Yarı organik uçucu bileşikler	SVOC	240–260 ‘dan 380–400
Özel madde ya da özel organik bileşikler	POM	>380

*Polar bileşikler ve yüksek molekül ağırlıklı VOC’lar her kaynama noktası aralığının yüksek sıcaklık tarafında görülür.

Yapı içerisinde bulunan VOC kaynaklarının bir kısmı etkisini uzun süre gösterirken bir kısmı etkisini zamanla azaltarak kaybeder. Bu süre VOC kaynağı olan ürünün içerisindeki kimyasalların yarı ömürleriyle ilgili bir durumdur. En önemli VOC’lar formaldehit ve benzendir.

- **Formaldehit**

Oda sıcaklığında renksiz, keskin kokulu, uçucu ve bir gazdır. En önemli özelliklerinden biri suda eriyebilmesidir. Endüstride yaygın olarak kullanılan kimyasal bir maddedir. Formaldehit, bina endüstrisinde kullanılmaya başlandıktan sonra ev içi kirleticiler olarak bilinmeye başlamıştır. Yer döşemesi, duvar ve tavan için kullanılan baskı ahşap ürünlerinde, sunta ve laminatların yapıştırılmasında sıklıkla formaldehitli yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Ayrıca boya işlemlerinde, kağıt ürünlerinde, köpük ısı yalıtımlarında ve temizlik ürünlerinde, dokumalarda da kullanılmaktadır. Formaldehit kimya endüstrisinin en önemli maddelerinden biridir (Kurtoglu, 1985). Yapı içinde kullanılan ürünlerdeki bulunma yoğunluğu nedeniyle

yapı içi havasını ürün yoluyla da kirletmektedir. Ön yapımlı evler gibi havalanması iyi olmayan evlerde yaşayan insanlar, çok yüksek oranda urea formaldehit yalıtım materyali ile karşı karşıya kalmaktadır.

Dış ortam havasına egzoz gazları ile karışan formaldehit, buradan da kapalı ortam havasına girebilmektedir. Bu vb. durumlarla yapı içi havasını kirletmesiyle de bir yandan dış kaynaklı yapı içi hava kirleticisi olabilmektedir.

Formaldehit yoğunluğu zamana, sıcaklığa ve havanın nemine bağlı olarak artma veya azalma gösterebilmektedir. Formaldehit, kentsel havada ortalama 5–10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ düzeyinde bulunurken, yapı içindeki havada bulunan formaldehit daha yüksek olup bu değer yoğunluğu 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşabilmektedir (Wadden ve Scheff, 1983; Şahin, 2000). WHO 1987 de yapı içindeki formaldehit sınır yoğunluğunu 30 dakikada 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak vermiştir. DSÖ'nün önerdiği, 0.065 ppm kapalı ortam için kabul edilebilir değerdir.

Tütün dumanı formaldehit oranının artmasına neden olan en önemli etkenlerden birisidir. Orta büyüklükteki bir odada 20 sigara içildiğinde ortamdaki formaldehit miktarı 0,6 ppm'e yükselmektedir (Ek, 1995).

- **Benzen**

Renksiz, alevlenebilen, kaynama noktası 80,1 °C, erime noktası 5,5 °C olan bir sıvıdır. Endüstriyel bakımdan kıymetli bir VOC kaynağıdır. Benzen, ilk olarak 1825 yılında Michael Faraday tarafından bulunmuştur. Kan hücrelerini öldürme etkisi olduğundan kanser yapan bileşikler arasında sayılmaktadır. Mobilyalarda, boyalarda, çözücülerde, vernik, cila vb. ürünlerde, sigara dumanında, yapıştırıcılarda, yalıtım ürünlerinde, plastik ürünlerde, kaplamalarda, böcek öldürücü olarak sıklıkla kullanılmaktadır.

Çizelge 2.7'de önemli VOC'lar belirtilmiş ve yapı içinde kullanıldığı yerler belirtilerek tablolştırılmıştır.

Çizelge 2.7 VOC lar ve yapı içinde kullanıldığı yerler (Corn, 1993; Tucler, 2000; Baker-Laporte, 2001; Ek,1995); [35]; [50]

Uçucu Organik Bileşikler	Yapı İçinde Bulundukları Kaynaklar
Asetaldehid*	Halı, ahşap, vinil döşeme kaplamalarında, ofis araç gereçlerinde, ahşap ürünlerde, havalandırma sistemi bileşenlerinde,
Benzen*	Mobilyalarda, boyalarda, çözücülerde, vernik, cila vb. ürünlerde, sigara dumanında, yapıştırıcılarda, yalıtım ürünlerinde, plastik ürünlerde, kaplamalarda,
Butadin	Sigara dumanında, halılarda
Etilbenzen	Halı, ahşap, vinil döşeme kaplamalarında, duvar ve tavan kaplama ürünlerinde (alçı, duvar kâğıdı, sıva), ısı ve ses yalıtım ürünleri (lif, köpük), boyalarda, vernik, cila vb. ürünlerde, çözücülerde, ofis araç gereçlerinde,
Etiltolüen	Boyalarda, vernik, cila vb ürünlerde, çözücülerde, yapıştırıcılarda,
Hekzan	Halı, ahşap, vinil, döşeme kaplamalarında, mobilyalarda, boyalarda, vernik, cila vb ürünlerde, çözücülerde, ahşap ürünlerde,
Karbon tetraklorür*	Böcek zehirlerinde,
Kloroform*	Mobilyalarda, böcek zehirlerinde
Ksilenler	Halı, ahşap, vinil döşeme kaplamalarında, duvar ve tavan kaplama ürünlerinde (alçı, duvar kâğıdı, sıva), mobilyalarda, boyalarda, vernik, cila vb ürünlerde, çözücülerde, ahşap ürünlerde, yapıştırıcılarda, yalıtım ürünlerinde, plastik ürünlerde,
Metilen klorür*	Mobilyalarda, boyalarda, vernik, cilalarda, çözücülerde,
Metil kloroform	Ev temizlik ürünlerinde,
Naftalin	Böcek zehirlerinde,
Paradikloro benzen*	Böcek zehirlerinde, halı, ahşap, vinil döşeme kaplamalarında,
Sterin	Yalıtım ürünlerinde, halı, ahşap, vinil döşeme kaplamalarında, boyalarda, vernik, cilalarda, çözücülerde, ahşap ürünlerde, ofis araç gereçlerinde,
Tetrakloro etilen*	Macunlarda,
Tolüen	Halı, ahşap, vinil döşeme kaplamalarında, macunlarda, duvar ve tavan kaplama ürünlerinde (alçı, duvar kâğıdı, sıva), boyalarda, vernik, cilalarda, çözücülerde, yapıştırıcılarda, yalıtım ürünlerinde, plastik ürünlerde,
Tri-kloroetilen*	Mobilyalarda,
Tri-metilbenzen	Boyalarda, vernik, cilalarda, çözücülerde, yapıştırıcılarda,

Not: Alfabetik sıraya göre sıralanmışlardır.

Çizelge 2.4'de yer alan; (*) (benzen, karbon tetraklorür, kloroform, metilen klorür, paradikloro benzen, tetrakloro etilen, tri-kloroetilen); ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından belirlenen 33 zararlı hava kirleticisi listesinde bulunan kent hava kirleticileridir.

- **Organizmalar**

Bakterileri, virüsleri, mantarları, kurtları, küfleri, polenleri, sporları vb. içeren havadaki parçacıkların genel adlandırılmasıdır [40].

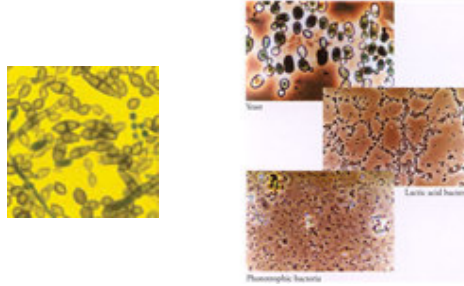
Organizmalar, 0,1 µm ile 100 µm arasında değişik büyüklüklerde bulunmaktadır. Yapı içinde havada uçuşarak dağılmaktadırlar ve mikroskop kullanmadan gözle görülemezler.

Genellikle halı, nemli duvar ve yer döşemeleri, işlenmiş ahşap vb. ortamlarda daha yoğun olarak bulunmaktadır. Yapı içlerinde kötü kokuların yok edilmesinde, evcil hayvan ve bitki bakımlarında vb. alanlarda da çoğalma ortamı bulabilmektedir [15].

Yapı dışında hayvanlar, çiçek polenleri vb. şekillerde yapı içi havasına girebilmektedir.

İnsanın sağlığını, hem yapı içindeki oluşumuyla hem de yapı dışından yapı içine girmesiyle olumsuz olarak etkilemektedir. En önemli organizmalardan bir tanesi lejyonella bakterisidir.

Şekil 2.3’de mikropların mikroskop ile görünümü verilmektedir.



Şekil 2.2 Virüslerin mikroskop ile görünümü [43]

2.2 Yapı İçi Hava Kirleticileri ve Sınır Değerleri

Yapı içi hava kirleticileri ile ilgili değerler toplu olarak Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8 Yapı içi hava kirleticileri ve kabul edilebilir sınır değerleri

(Vural,2004; TS 12281; Öztürk, 2005; TAEK, 2000; Brookins,1990)

Yapı İçi Hava Kirleticileri	Kabul Edilebilir Sınır Değerleri	Kaynak
Karbon Monoksit	15 dakika 100 mg/m ³ 30 dakikada 60 mg/m ³ (50 ppm) 1 saat 30 mg/m ³ 8 saat 10 mg/m ³	WHO WHO”1987
	1 saatte 30 mg/m ³ (25 ppm)	NAAQS
	8 saatte 10 mg/m ³ (9-10 ppm) 24 saatte 30 mg/m ³ Yıllık 10 mg/m ³	TS12281
	0-4 ppm	OHSD 1988
	Kısa süreli etkisinde kalındığında; 8 saatte <11 ppm 1 saatte< 25 ppm	Kanada Standardı
	Sürekli etkisinde kalındığında; < 11 mg/m ³	WHO 1984
	1 saat, 40 mg/m ³ 8 saat, 10 mg/m ³	EPA
Karbon Dioksit	8 saatte 500 ppm	ASHRAE 1982
	330-800 ppm	OHSD 1988
	Uzun süre etkisinde kalındığında; x 6300 mg/m ³ (<3500 ppm)	Kanada Standardı
	< 1800 mg/m ³	WHO 1984
	800 ppm’i aşmamalı	TS12281
Azot Dioksit	24 saatte 400 mg/m ³ (0,21 ppm) 1 saatte 150 mg/m ³ (0,08 ppm)	WHO 1987
	1 saat 200 mg/m ³ Yıllık 40 mg/m ³	WHO
	1 yılda 100 mg/m ³ (50 ppm)	NAAQS
	Kısa süreli etkisinde kalındığında; 1 saatte <480 mg/m ³ (0,25 ppm) Uzun süre etkisinde kalındığında; <100 mg/m ³ (0,05 ppm)	Kanada Standardı
	<0,19 mg/m ³	WHO 1984
	Yıllık 100 mg/m ³	EPA
	<0,05 ppm	TS12281
	Aylık, 300 mg/m ³ 24 saat, 100 mg/m ³	türkiye

Çizelge 2.8 Yapı içi hava kirleticileri ve kabul edilebilir sınır değerleri (devam)

(Vural,2004; TS 12281; Öztürk, 2005; TAEK, 2000; Brookins,1990)

Yapı İçi Hava Kirleticileri	Kabul Edilebilir Sınır Değerleri	Kaynak
Kükürt Dioksit	Kısa süreli etkisinde kalındığında; 5 dakikada $<1000 \text{ mg/m}^3$ ($<0,38 \text{ ppm}$) Uzun süre etkisinde kalındığında; $<50 \text{ mg/m}^3$ ($<0,019 \text{ ppm}$)	Kanada Standardı
	Kısa süreli etkisinde kalındığında; $<0,5 \text{ mg/m}^3$ 10 dakika- $500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 24 saat - $125 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ Yıllık - $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$	WHO 1984 WHO
	Duman olan durumlarda; 80 mg/m^3 Duman bulunmadığı durumlarda; 120 mg/m^3	Çevresel Kirlenme Avrupa Yüksek Komisyonu
	24 saatte, $400 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.	Türkiye
	Yıllık - $80 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 24 saat - $365 \text{ } \mu\text{g/m}^3$	EPA
Ozon	1 saatte $150\text{-}200 \text{ mg/m}^3$ ($0,076\text{-}0,1 \text{ ppm}$)	WHO 1987
	8 saatte $100\text{-}120 \text{ mg/m}^3$ ($0,05\text{-}0,06 \text{ ppm}$)	TS12281
	$0\text{-}0,01 \text{ ppm}$	OHSD 1988
	Kısa süreli etkisinde kalındığında; 1 saatte $<240 \text{ mg/m}^3$ ($0,12 \text{ ppm}$)	Kanada Standardı
	$0,05 \text{ mg/m}^3$	WHO 1984
	$0,05 \text{ ppm}$	ASHRAE 62-1999
	$0,12 \text{ mg/m}^3$ 'ü aşmamalı	TS12281
Radon	1 yılda 100 Bq/m^3	WHO 1987
	$0,01 \text{ WL}=2 \text{ pCi/L}$	ASHRAE 62-1989
	~ 0	İsveç Standartı
	148 Bq/m^3	EPA (Çevresel Koruma Örgütü)
	200 Bq/m^3	ICRP (Uluslar arası Radyasyon Korunması Örgütü)
	400 Bq/m^3	TAEK Radyasyon Güvenliği
Parçacık	Kısa süre etkisinde kalındığında; 1 saatte $<100 \text{ mg/m}^3$ Uzun süre etkisinde kalındığında; $<40 \text{ mg/m}^3$	Kanada Standardı
Asbest	Kabul edilebilir sınır değeri yok	WHO 1987
	Uzun süre etkisinde kalındığında; ~ 0	WHO 1984
Bakteriler, virüsler	Kaynak yok	Kaynak yok
	1000 spor/ m^3 , $60 \text{ mayt/gram toz'u}$ aşmamalıdır	TS12281

Çizelge 2.8 Yapı içi hava kirleticileri ve kabul edilebilir sınır değerleri (devam)

(Vural,2004; TS 12281; Öztürk, 2005; TAEK, 2000; Brookins,1990)

Yapı İçi Hava Kirleticileri		Kabul Edilebilir Sınır Değerleri	Kaynak
Uçucu Organik Bileşikler	Genel olarak	500 mg/m ³ 'ü aşmamalı	TS12281
	Benzen	Kabul edilebilir sınır değeri yok	WHO 1987
		Kanserojen	WHO 1984
		0,01 mg/m ³ 'ü aşmamalı	TS12281
	Tolüen	24 saatte 7,5 mg/m ³ 30 dakikada 1 mg/m ³	WHO 1987
		0,01 mg/m ³ 'ü aşmamalı	TS12281
	Formaldehit	30 dakikada 0,1 mg/m ³	WHO 1987
		Sürekli etkisinde kalındığında; 120 mg/m ³	ASHRAE 62-1989
		0-0,04 ppm	OHSD 1988
		60-120 mg/m ³ (0,05-0,10 ppm)	Kanada Standardı
		Kısa ve uzun süre etkisinde kalındığında; <60 mg/m ³	WHO 1984
		0,065 ppm'i aşmamalı	TS12281

Sınır değerleri ve verildikleri aralıklar ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Çizelge 2.8 de belirtilen değerler sadece ortalama olarak belirtilen değerlerdir.

2.3 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Oluşturduğu Sağlık Sorunları

Yapılan araştırmalar sonucunda yapı içi hava kirleticilerinin sınır değerleri belirlenmiştir. Belirlenen değerlerin üstünde olan her kirletici, insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle kirleticiler ve oluşturdıkları sağlık sorunlarının ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir.

- **Azot oksitleri (NO_x)**

Azot dioksit zehirlenmeleri genellikle solunum sisteminde görülmektedir. Uzun süreli etkilenme yaşandığında akciğer tahribatına yol açmaktadır (WHO, 1987b). Kısa süreli, yüksek yoğunlukta azot dioksit etkilenmesi sağlık risklerini belirlemede önemli rol kazanmaktadır (Vural, 2004).

Azot dioksit yapı içindeki oranı çok fazla olmamasına rağmen, özellikle astımlı kişilerde ve çocuklarda akciğer fonksiyon bozukluklarına, solunum yolu rahatsızlıklarına neden olmaktadır.

Azot dioksitin sağlık üzerine etkileri; çeşitli kesimlerdeki bireylere değişik yoğunluk

uygulanması ile tespit edilmiştir. Avrupa Göğüs Sağlığı Deneyinin (ERCHS) bu konuda çeşitli araştırmalar yapmıştır.

Kişinin 3000–9400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunluğunda azot okside 10–15 dakika süre maruz kalması sonucunda; normal ve bronşitli kişilerde akciğer fonksiyon değişimleri gözlenmiştir.

Azot dioksitin bulunduğu ortamlarda diğer kirleticilerin ve özellikle ozonun bulunması durumunda, bu kirleticiler arasında oluşan reaksiyonlar nedeniyle insan sağlığında olumsuz etkilenimlerin arttığı belirlenmiştir.

Azot dioksit maruz kalınması sonucunda oluşan şikâyetler; normal ve sağlıklı kişilerde 1880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunluğundan itibaren başlarken, astımlı kişilerde aynı şikâyetler 940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunluk seviyesinden itibaren başlamaktadır. Bir haftadan bir aya kadar olan sürede 1880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ den az yoğunluğa maruz kalmalarda; bronşiyel ve pulmoner bölgelerdeki hücrelerde anormal değişiklikler, 940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunlaşma etkilenmelerde ise akciğerlerin bakteriyel iltihaplara karşı hassasiyetinin artması ve biyokimyasal değişimler gözlenmektedir [32].

Yapılan deneysel çalışmalarda, astımlı hastalarda gözlenebilen en düşük düzeyin 560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (300 ppb) olduğu belirlenmiştir (WHO, 1987b). 3760 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2000 ppb) üstündeki düzeylerin insan solunum sisteminde direnç sorunu oluşturduğu tespit edilmiştir (Vural, 2004).

Çizelge 2.9'da Azot dioksitin çeşitli yoğunluklarda ve sürelerdeki etkileri belirtilmektedir.

Çizelge 2.9 Azot dioksitin çeşitli yoğunluklarda ve sürelerdeki etkileri (Öztürk, 2005)

NO ₂ yoğunluğu		Etki süresi	Etki
mg/m ³	ppm		
0.14	0.075	Belgelenmemiş	Eşik değeri koyuluk adaptasyonu için
0.23	0.12	Derhal	Koku eşliğinde
0.50	0.26	Belgelenmemiş	Eşik değeri koyuluk adaptasyonu için
	0.30	3.75 saat	FVC ve FEV de küçük artışlar (%5-9)
	1.0	15 dak.	Bronşitli kişilerin solunum yollarında direncin artması
1.3 – 3.8	0.7 – 2.0	20 dak.*	Artan solunum yolu direnci
	1.5-2.0	2-3 saat	Sağlıklı yetişkinlerde havayla artan solunum yolu şikayetleri

Çizelge 2.9 Azot dioksitin çeşitli yoğunluklarda ve sürelerdeki etkileri (devam)

(Öztürk, 2005)

NO ₂ yoğunluğu		Etki süresi	Etki
mg/m ³	ppm		
2.8	1.5	45 dak.**	Artan solunum yolu direnci
30 – 3.8	1.6 – 2.0	15 dak.	Artan solunum yolu direnci
3.8	2.0	45 dak.***	Artan solunum yolu direnci
	≥2	1-3 saat	Akciğer fonksiyonlarında değişme
	2.5	2 saat	Sağlıklı kişilerde solunum yollarında direncin artması
5.6	3.0	45 dak.+	Artan solunum yolu direnci
7.5 – 9.4	4.0 – 5.0	40 dak.++	Artan solunum yolu direnci
7.5 – 9.4	4.0 – 5.0	15 dak.	Akciğer difüzyon kapasitesindeki azalma
9.4	5.0	15 dak.	Akciğer difüzyon kapasitesindeki azalma
	5.0	15 dak.	Artan solunum yolu direnci, Akciğerde gaz alış-verişinin engellenmesi
	10	-	Koku algılanmasının engellenmesi
11.3 – 75.2	6.0 – 40.0	5 dak.	Artan solunum yolu direnci
	50	-	Geri dönüşümlü bronşiyolitis
	150	-	2-3 hafta içinde bronşiyolitis fibrosa obliterans sonunda ölüm

* Temas 10 dakikalıktır. Temasın bitiminden 10 dakika sonra akış direncine etki gözlenir.

** Bu yoğunlukta kronik solunum hastalıkları meydana gelir.

*** Kronik solunum hastalıkları oluşur.

+ Etkileşim oluşur.

++ Temas süresi 10 dakikaya uzadığında, 30 dakika sonra en büyük etki akış direncidir.

- **Karbon dioksit (CO₂)**

Karbon dioksit çeşitli yoğunluklarda farklı rahatsızlıklara neden olmaktadır. %1,5'lik CO₂ yoğunluğunda kalan sağlıklı bir bireyde stres yaratmakta, yoğunluk %7–10 arasında olduğunda bu yoğunlukta bulunan sağlıklı bir bireyde bilinç kaybına yol açmaktadır. Karbon dioksitin yapı içindeki yoğunluğu ortalama olarak %1'in altında olduğundan sıklıkla görülen sağlık sorunu oluşturmamaktadır [10].

- **Karbon monoksit (CO)**

Karbon monoksit akciğerler tarafından emilir ve burada kanın alyuvarlarındaki hemoglobinle birleşir. Bu birleşmeden Karboksihemoglobin (COHb) oluşur. COHb'nin yarı ömrü ortalama olarak 5–6 saat arasındadır. Karbon monoksit hücresel solunumu engellemekte, dokulara oksijen gitmesini engelleyerek karbon monoksit zehirlenmelerine neden olmaktadır (Vural, 2004).

Karbon monoksitin oksijen taşıma kapasitesini azaltması sonucunda kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperlerinde daralmalar, beyin, kalp gibi hassas organlarda ve dokularda işlev bozuklukları meydana gelmektedir [32].

Karbon monoksit'ten etkilenen kişinin yaşı, cinsiyeti, etkilenmenin sürekliliği, etkilenen kişinin sağlık durumu, karbon monoksit etkilenme düzeyinde oluşacak rahatsızlıklarda önemli rol oynamaktadır. Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, karbon monoksit'e karşı en riskli gruptur. Bu kişiler, karbon monoksit'e maruz kaldıklarında, özellikle egzersiz yaparken göğüs ağrısı çekebilirler ve diğer kalp rahatsızlıklarını yaşayabilir. Hafif ve daha ağır kalp ve solunum sistemi hastalığı olan kişiler (örneğin; kalp yetmezliği, beyin kan damarları ile ilgili hastalıkları, anemi, KOAH kronik tıkalı akciğer hastalığı olan kişiler) ve yeni doğmuş veya henüz doğmamış bebekler, karbon monoksit kirliliğine karşı en riskli grubu oluşturur. Sağlıklı kişilerde, daha yüksek seviyelerdeki karbon monoksit'e maruziyet, zihinsel algılama ve gözün görme gücünü olumsuz etkileyebilir [30].

Kanda genel olarak %20–40 arasındaki korboksihemoglobin şiddetli baş ağrısına, %40 ve üzeri uyku haline, konvulsiyona ve komaya neden olmaktadır (Amman, Berry, Childs, Mage, 1987; EPA, 1987).

Karbon monoksit'in oluşturduğu hasarlar iki şekilde gerçekleşir. İlki yoğun miktarda akut zehirlenmeler, diğeri uzun süreli düşük yoğunluktaki zehirlenmelerdir.

Akut zehirlenmeler sonucunda; kişide ilgisizlik, kişilik değişiklikleri, denge problemleri, idrar tutamama gibi rahatsızlıklar görülmektedir. Akut zehirlenme görülen hastaların bir kısmı

zamanla düzelirken, bir kısmında yürüyüş bozukluklarının ve bellek problemlerinin sürdüğü gözlenmiştir (Öztürk, 2005).

Kronik etkilenimlerde ya da düşük yoğunluklu karbon monoksit'in etkileniminde kalarak zehirlenen hastalarda baş ağrısı, baş dönmesi, yorgunluk, görme bozukluğu, göğüs ağrısı, aşırı duyarlılık, bulantı, ishal, karın ağrısı gibi rahatsızlıklar görülmektedir (Vural, 2004). Zehirlenmenin etkilerinin farklı şekillerde ve çok çeşitli olarak gözükmesi yanlış tanı konmasına da neden olmaktadır.

Sigara dumanı önemli bir karbon monoksit kaynağıdır. Kandaki karboksihemoglobin sigara içenlerde sıklıkla %10 düzeyine ulaşır, bu oran bazen %15'i aşabilmektedir. Sigara kullanmayan kişilerde kandaki karboksihemoglobin sadece % 1-3'tür [26]. Bu oranlardan anlaşılacağı üzere karbon monoksit rahatsızlıklarında, sigara içenler içmeyenlere göre daha kısa sürede etkilenmektedir.

Çizelge 2.10'de hava kalitesi indeksinin ve buna bağlı olarak gelişen sağlık sorunları verilmiştir.

Çizelge 2.10 Karbon monoksitin insan sağlığı üzerindeki etkisi (Öztürk, 2005)

Karbon Monoksit (ppm)	Süre (saat)	COHb (%)	Etkisi
40	2	2	Performans düşmesi
200	2-3	5	Orta şiddetli baş ağrısı, yorgunluk, bulantı ve baş dönmesi
400	1-2		Ciddi baş ağrısı,
10 – 15	≥8	≈2,5	Sinir sisteminde aksaklık
30	≥8	5	Piskomotor sisteminde aksamalar.
100	8	≈10	Baş ağrısı, baş dönmesi, kardiak, ve pulmoner fonksiyonlarda aksaklıklar.
		20	Kardiyovasküler sistemde arızalar elektrokardiyografik anormallikler, baş ağrısı
		40	Hareket halindeyken düşmeler, şaşkınlık
		60	Solunum bozukluğu, nabız yavaşlaması, kan basıncının düşmesi, baygınlık, geri dönüşümün meydana gelmesi halinde ölüm,
		80	Ölüm
3200	5-10 dakika		Baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı ve etkilenme kalma bir saat devam ederse ölüm
6400	1-2 dakika		Baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı ve etkilenme kalma 20-30 dakika devam ederse ölüm
12 800	1-3 dakika		Ölüm

- **Kükürt dioksit (SO₂)**

Kükürt dioksit asidik ve zehirli bir gazdır bir gazdır. Nemle birleşme meylindeyir. Kükürt dioksitle kirlenmiş hava solunduğı zaman; solunan yüksek yoğunluktaki kükürt dioksitin %95'i üst solunum yollarından emilir. Kükürt dioksit burun, geniz ve boğazdaki nemle reaksiyona girerek solunum sistemindeki sinirleri tahrip eder. Bunun sonucu olarak, bronşit, amfizem ve diğer akciğer hastalık belirtileri, pulmoner işlev bozuklukları, kronik bronşit vakalarında artış, bronşiyel mukoza silialarının temizleme hızında artış, solunum yolları epitelyum dokusunda kalınlaşma gibi sağlık problemleri meydana gelir. Solunun yolu tahriş edildiğinde, refleks öksürük krizleri, göğüs sıkışması olur (Öztürk, 2005). Kükürt dioksit'e karşı astımlı kişiler diğer kişilere göre daha duyarlıdır. Astım, kronik akciğer hastalığı bulunan kişilerde solunum yollarının daralmasına ve kronik solunum hastalığına neden olur. 0,75 ppm veya altındaki değerlerde bile hafif astımlı kişilerde rahatsızlık gözlemlendiği belirlenmiştir [32].

Kükürt dioksit yoğunluğu sınır değerinin üzerinde olduğı zaman özellikle astımlı, bronşitli, kalp ve akciğer hastalarının sağlığını olumsuz etkiler. Atmosferdeki kükürt dioksit yoğunluğu pik değere ulaştığında özellikle astımlı kişilerde geçici solunum zorluğu görülür. Kalp ve solunum hastası kişiler uzun süre kükürt dioksit ve parçacık madde kirliliğine maruz kaldıklarında sağlıklarında kötüleşmeler olur (Öztürk, 2005).

Havadaki 0.25 ppm (655 µg/m³) kükürt dioksite 10 dakika maruz kalındığında astımlı kişilerin solunum sistemi mukavemetinde önemli zararlar, soluk alma kapasitesinde önemli düşüşler olduğı tespit edilmiştir (Öztürk, 2005).

Havadaki kükürt dioksit yoğunluğu 357 µg/m³ (saatlik değer) üzerine çıktığında astımlı kişilerde göğüs daralması, öksürme ve akciğer fonksiyonunda değişme görülür (Öztürk, 2005).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından; halk sağlığının korunabilmesi amacıyla 500 µg/m³ /10 dakika kükürt dioksit sınır değerinin aşılması tavsiye edilmektedir. Yapılan hesaplamalarda bu değer maksimum 1 saatlik ortalama değer olan 350 µg/m³'e eşdeğer bulunmaktadır [32].

Çizelge 2.11’de kükürt dioksitin belirtilen miktarlar aşıldığında insan sağlığı üzerine etkisi verilmektedir.

Çizelge 2.11 Kükürt dioksitin insan sağlığı üzerindeki etkisi (Öztürk, 2005)

SO ₂ (ppm)	Etkilenme Süresi	Etkileri
0,037- 0,092	Yıllık ortalama	185 µg/m ³ duman yoğunluğu ile birlikte, solunum yolları ve akciğer hastalıklarında artışlar.
0,007	Yıllık ortalama	Yüksek parçacık yoğunluğu ile birlikte, çocuklarda solunum yolları hastalıklarında ilerleme.
0,11-0,19	24 saat	Düşük parçacık yoğunluğunda yaşlı kimselerde solunum yolları hastalıklarında artış.
0,19	24 saat	Büyüklerde kronik solunum yolları hastalıklarında ilerleme.
0,19	24 saat	Düşük parçacık yoğunluğunda, ölüm oranlarında artış görülebilir.
0,25	24 saat	750 µg/m ³ duman yoğunluğu ile birlikte, günlük ölüm oranlarında artış görülebilir (İngiltere). Hastalanmalarda ani artış.
0,5	10 dakika	Astım hastalarında egzersiz (hareket) halinde solunum direncinin artması.
5	24 saat	Sağlıklı kimselerde solunum direncinin artması.
10	10 dakika	Bronkospasm.
20		Göz tahrişi, öksürme.

• Ozon (O₃)

Ozon oldukça toksiktir. Çocuklar, dış ortamda aktif olan yetişkinler, astım gibi solunum hastalığı olan kişiler, ozon etkilenimi için en hassas grubu oluşturur. Fiziksel aktivite sırasında ozon, akciğerlerin derinliklerine kadar nüfuz ederek zararlı etkilerini gösterir ve kalıcı hasarlar yaratabilir.

Solunum rahatsızlığı olan kişilerde, ozona maruz kalma sonucu, akciğerlerin etkilenmesi daha kolaydır. Bu kişiler diğer insanlara göre daha düşük ozon seviyelerinde de ozonun zararlı etkilerini hissedebilir. Ozon, astımı kötüleştirebilir, hatta astım krizlerine neden olabilir ayrıca öksürük, boğaz tahrişi ve göğüste rahatsızlık duygusuna neden olarak solunum yollarını tahriş edebilir. Ozon, akciğer işlevini azaltarak, derin ve kuvvetli nefes almayı güçleştirebilir. Solunum hızlanır ve normalden daha yüksek bir hızla olur. Ozon; insanları, astım tetikleyicileri olan evcil hayvanlar, polenler ve ev tozu akarları gibi alerjenlere karşı daha hassas hale getirir, akciğerlerin iç yüzeyini iltihaplandırabilir ve zarar verebilir [30].

Ozon tedavide de kullanılır. Ancak uzman kişiler tarafından gerekli dozda uygulanması gerekmektedir.

- **Radon**

Radon günlük yaşamda karşılaşılan ve özellikle ev yapım malzemesi olarak kullanılan taş, toprak, çimentoda doğal olarak bulunan ve bulunduğu ortamda serbest olarak yayılan bir gazdır. Radon kapalı ortamda çevreye yayıldığında giderek miktarı arttığından düşük dozda bile olsa etkisi açısından tehlikeli olabilmektedir (Harley ve Harley, 1990).

Radon gazı, bozunma ürünleri solunduktan sonra bronşlara ve akciğere yerleşerek bozunmaya devam eder. Bozunması sırasında alfa, beta ve gama ışınları yayar. Alfa ışını diğer iki ışına göre daha etkilidir ve dokuları etkileyerek kansere neden olabilmektedir.

Bazı bilimsel araştırmalar; daha sık soluk alıp verdikleri ve hücrelerinin daha hızlı bölünmesi nedeniyle çocukların radondan daha çok etkilendiğini göstermektedir (NIEHS, 2001).

Radon gazı normal miktarının evler için en yüksek değer 400 Bq/m³'tür [7]. Bu değer üzerinde solunduğunda akciğer kanseri riskini oluşturmakta veya mevcut riski artırmaktadır.

Radon gazının insan sağlığı üzerinde oluşturduğu risk cinsiyete, yaşa ve sigara kullanımına göre değişmektedir (EPA, 1991; CHEEC, 2000); [12]. Radonun bulunduğu ortamda sigara kullanılması akciğer kanseri riskinin çok daha fazla artmasına neden olmaktadır (Harley ve Harley, 1990; Schoenberg ve Klotz, ...). Amerikan Genel Cerrahi Birliği (The U.S. Surgeon General), radonun akciğer kanserine yakalanmada sigaradan sonra ikinci sırada yer alan etken olduğunu; Çevresel Koruma Örgütü (EPA-Environmental Protection Agency), Amerika'da yılda 7.000-10.000 kişinin radondan kaynaklanan akciğer kanserinden öldüğünü belirtmektedir [19].

USA Çevre Koruma Ajansı (EPA-Environmental Protection Agency) yılda 20.000 akciğer kanseri vakasının radon gazına bağlı olduğunu söylemektedir [31]; [42].

New Jersey Halk Sağlığı Birimi akciğer kanserli 400 kadın ve 400 kontrolle ilgili olarak yaptığı karşılaştırmalı değerlendirmede litrede 2 pCi -Bq/m³ hangisi lik bir etkilenimlerin kanser riskini artırdığını belirlemiştir (Schoenberg ve Klotz, ...). EPA litrede 4 pikokürülük değer düzeltici çalışmaları gerektirdiğini belirtmektedir (EPA, 1987); [34].

Çalışma ortamında yüksek doz radonun bulunmasına bağlı olarak bronkojenik karsinoma geliştiğini ileri süren kaynaklar vardır (Balanlı, 1997; Ek, 1995); [16; 38; 26].

Çizelge 2.12’de radon yoğunlukları ve buna bağlı olarak gerçekleşen akciğer kanseri sonucu gerçekleşen ölümler verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere radon yoğunluğu arttıkça akciğer kanserine bağlı ölümlerin de arttığı gözlenmektedir.

Çizelge 2.12 Radon gazının etkisinde hayat boyu kalma sonucu akciğer kanserine bağlı ölüm (EPA, 1988)

Yaklaşık radon yoğunluğu (Bq/m³)	Akciğer kanserine bağlı ölümler (1000 kişi)
7.400	440–770
3.700	270–630
1.480	120–380
740	60–210
370	30–120
148	13–50
74	7–30
37	3–13
7,4	1–3

Çizelge 2.13’de radon yoğunluğunun, sigara kullanan ve sigara kullanmayan kişileri kansere yakalanma riskini vermektedir. Çizelgede belirtildiği üzere; radon, sigara kullanan kişilerde sigara kullanmayan kişilere göre daha çok etkili olmaktadır.

Çizelge 2.13 Radon gazı riski [20]

Hayat boyu radon gazından etkilenen 1000 kişi içinde kansere yakalanma riski		
Radon Yoğunluğu (Bq/m³)	Sigara Kullanan	Sigara Kullanmayan
740	135	8
370	71	4
296	57	3
148	29	2
74	15	1
48,1	9	<1
14,8	3	<1

Çizelge 2.14’de radon gazından kaynaklı akciğer kanserine yakalanmalarının sigara kullanan ve kullanmayan kişiler üzerindeki dağılımı verilmiştir. Çizelge 2.15’de zamanının %80’ini yapı içinde geçirenler için radon düzeyi ile ölüm riski çizelge halinde verilmiştir.

Çizelge 2.14 Sigara içenlerde radon gazından akciğer kanserine yakalanma riski [17]

Radon Seviyesi	(Kişi Başına) Akciğer Kanseri Ölümün Ömür Riski		
pCi/L	Asla Sigara İçmeyen	Sigara İçen	Genel Nüfus
20	1.000 kişiden 36'sı	100 kişiden 26'sı	100 kişiden 11'i
10	1.000 kişiden 18'i	1100 kişiden 5'i	1.000 kişiden 56'sı
8	1.000 kişiden 15'i	100 kişiden 12'si	1.000 kişiden 45'i
4	10.000 kişiden 73'ü	1.000 kişiden 62'si	1.000 kişiden 23'ü
2	10.000 kişiden 37'i	100 kişiden 32'si	1.000 kişiden 12'si
1.25	10.000 kişiden 23'ü	100 kişiden 20'si	10.000 kişiden 73'ü
0.4	100.000 kişiden 73'ü	10.0000 kişiden 64'ü	10.000 kişiden 23'ü

Çizelge 2.15 Zamanının %80'ini yapı içinde geçirenler için radon düzeyi ile ölüm riski [17]

Yapı içinde radon düzeyi (Bq/m ³)	Etkilenim süresi (Yıl)	Akciğer kanseri ölümleri (100 kişide)
148	70	1-5
740	70	6-21
7.400	70	44-77
7.400	10	14-42

- **Asılı Parçacıklar**

Asılı parçacıklar, bulunduğu ortamın havasını soluyan kişilerde öksürük, boğazda tahriş oluşumu, yoğunluğuna göre nefes almada zorluk vb. rahatsızlıklara neden olmaktadır. Yapılan incelemelerin genelinde kükürt dioksit ve asılı parçacıklar birlikte ele alınmış ve Çizelge 2.16 ve Çizelge 2.17'de belirtilmiştir (Wadden ve Shcheff, 1983).

Çizelge 2.16 Kükürt dioksit ve parçacıkların insan sağlığı açısından etkilerinin özeti: Kısa süreli etkiler*(Wadden ve Scheff, 1983)

SO ₂		Asılı Parçacıklar	
µg/m ³	ppm	(µg/m ³)	Etkiler
250	(0.095)	350	Kronik bronşitli hastalarda solunum belirtilerinin artması
722	(0.276)	350	Kronik akciğer hastalıklarına sahip hastalarda akciğer fonksiyonlarında değişiklik yok
200–300	(0.076–0.114)	230	1 sn. içinde solunum azalması
200	(0.076)	150	Astım krizlerinin frekansının artması

Çizelge 2.17 Kükürt dioksit ve parçacıkların insan sağlığı açısından etkilerinin özeti: Uzun süreli etkiler*(Wadden ve Scheff, 1983)

SO ₂		Asılı Parçacıklar	
µg/m ³	ppm	(µg/m ³)	Etkiler
250	(0.095)	250	Balgam üretiminin artması
130	(0.05)	240	Solunum hastalıklarının artması
120	(0.046)	180	Solunum hastalıklarının artması ve akciğer fonksiyonlarının azalması
120	(0.046)	230	Alt solunum yolları rahatsızlıklarının artması
90	(0.037)	93	Yaşamsal seviyenin azalması
23	(0.009)	110	0.75 sn. içinde solunum azalması
425–50	(0.162–0.019)	195–85	Alt solunum yolları hastalık oranlarının artması
55	(0.021)	180	Solunum belirtilerinin artması, akciğer fonksiyonlarının azalması
37	(0.014)	131	Etki yok
66	(0.025)	80	Etki yok

- **Asbest**

Asbest ısıya dayanıklı, lifler halinde ayrılma özelliği gösteren hidrosilikat mineral grubunu tanımlamaktadır. Solunumu en tehlikeli olan asbest lifler, çapları 3 µm'den küçük, uzunluk/kalınlık oranları 3'ten, uzunlukları da 5 µm'ten büyük olan amosit ve krokidolittir (TSE, 1995). Asbestin bütün lifleri IARC (International Agency for Research on Cancer) tarafından kanserojen olarak tanımlanmaktadır (Balanlı, ve Taygun, 2005).

Asbest nedenli hastalıklar; lifler çok kısa süre ve çok az sayıda solunduğunda da ortaya çıkabilir. Asbest, dört tür akciğer hastalığına neden olmaktadır (Balanlı, ve Taygun, 2005).

Asbestosis; akciğer dokusunda yaralara ve son aşamada da, akciğer zarından yeterli oksijenin geçmemesi nedeniyle solunum güçlüğüne neden olmaktadır. Hastalık etkilenimleri asbesten etkilenimine bağlı olarak yaklaşık iki yıl sonra görülür. Tüm asbest türleri asbestosisi başlatabilir (Brawn, 2001).

Akciğer Kanseri; kronik ilerleme gösteren, genellikle tedavisi olmayan bir hastalıktır. Sigara içenler daha çok risk altındadır (Corn, 1993); [14]. Hastalığa yakalananların %13'ünden azı beş yıl yaşayabilmektedir (ASHRAE,1998).

Mezotelyoma; nefes darlığı, karın ve göğüste ağrıyla belirti veren hastalığın tedavisi yoktur ve bir yıl içinde %100 ölümle sonuçlanmaktadır (Bower, 1997; Godish, 1997).

Plevra Tümörü; az görülen, ölümcül olmayan akciğer zarı hastalığıdır (Curwell ve March, 1986).

Ayrıca gırtlak, mide, bağırsak kanserinin asbest ile ilişkisi araştırılmaktadır (Delaine, 1988).

Gastrointestinal sistem ile akciğerlerde kansere ve asbestos olarak tanımlanan fibroz hastalığına yol açmaktadır [49]. Tipik asbest lifleri 0,1–10 mikrometre uzunluğundadır. Asbest liflerinin akciğer kanserine yol açtığı bilinmektedir. Sigara içenlerde asbestin kanser yapabilme riski büyük oranda artmaktadır. Asbest liflerinin geniş yüzeyine emilen kanserojenlerin akciğer dokusu ile uzun süre temasına olanak verdiği, ya da asbest liflerinin kanserojen DNA ile reaksiyona girmelerinde katalitik etki yaptığı düşünülmektedir. Asbest kullanılan yalıtım maddelerinden cam yünüyle ilgili kuşkular giderek artmaktadır.

• Uçucu Organik Bileşikler (VOC)

Uçucu organik bileşikler en yaygın ve üzerinde en çok çalışılan hava kirleticilerindendir. Yapı içi havasında normal olarak bulunan 0,2 mg/m³ düzeyinin altındaki uçucuların herhangi bir tahriş etkisinin bulunmadığı ancak değerlerin arttıkça kişisel şikayetlerin yanı sıra genel rahatsızlıkların ortaya çıktığı gözlenmiştir (Molhave, 1998).

Uçucu organik bileşikler cilt rahatsızlıklarından, sinir sisteminde oluşan rahatsızlıklara kadar birçok olumsuzluk yaratmaktadır [4]. En yaygın olarak karşılaşılan rahatsızlıklar; mide bulantısı, yorgunluk, baş ağrısı, baş dönmesi, görmede bulanıklık, karaciğer, böbrek ve sinir sisteminde çeşitli rahatsızlıklar, alerjik tepkiler ve yoğun etkilenme durumlarında kanserdir [18]. Yeni binalarda yaşayanlarda görülen genel bitkinlik, ya da hasta bina sendromundakine

benzer bellek yetersizliği, duyuşal irritasyon durumlarında bu maddelerin sorumlu olabileceği düşünölmektedir (Cooke, 1991).

- **Formaldehit**

Formaldehit insan vücuduna yiyecek ve içeceklerle, solunum yoluyla ve deriden emilerek girebilmektedir. DNA dâhil birçok molekülleri etkilemekle birlikte hızla formikasitle oksitlenmekte, daha sonra normal biyokimyasal döngüler aracılığı ile karbondioksit ve suya metabolize olmaktadır.

Formaldehitin neden olduğu rahatsızlıkların en başında; göz yanması, göz yaşarması, göz iltihaplanmaları, üst solunum yollarının tahriş olması, alerjik rahatsızlıkların oluşması, sinirlilik ve öksürük gelmektedir. Uzun süre etkisinde kalındığında zehirlenmeler, göğüs sıkışması, başta basınç, kalp çarpıntısı, merkezi sinir sisteminin uyuşması ve solunum sisteminin tahriş olması görölmektedir. Formaldehit, en çabuk astımlı ve alerjen yapıdaki insanları etkilemektedir. Farklı yapıdaki insanların formaldehitten etkilenme şekilleri de farklıdır. Etkilenme bu insanın yapısının alerjik olmasına göre değişir. Örneğın açık tenli sarışın insanlar formaldehite karşı daha hassastır (Kurtoglu, 1985).

Formaldehit olası mesleki kanser nedenleri arasında sayılmaktadır ve 8 saat ağırlıklı ortalama etkilenme sınırı (8 hour weighted average exposure limit) 1 ppm olarak belirlenmiştir (Cooke, 1991). Formaldehit kaynaklı zehirlenmeler sıkça görölmektedir. Ağız yoluyla %35 lif formaldehit çözeltisinden 10–15 ml alınması bir insanı öldürmeye yetmektedir (Ek, 1995).

Kasım 1980’de, A.B.D. İşyeri Güvenliğı ve Sağığı Ulusal Enstitüsü (NIOSH) ve İş Yeri Güvenliğı ve Sağığı Yönetimi (OSHA), işyerlerinde formaldehitin kanserojen olarak değerlendirilmesini önermiştir (Vural, 2004). IARC tarafından yapılan değerlendirmede formaldehit 2A grubu kanser edici olarak belirtilmiştir (Aksakal vd., 2005).

Formaldehit ile yapılan bazı çalışmalarda belirtilen sınır değerleri Çizelge 2.18’de verilmiştir.

Çizelge 2.18 Formaldehitin bazı sınır değerleri (Kurtoglu, 1985)

Koku Sınırı	0,15–0,3 mg/m ³
Etkilenme Sınırı	0,3–0,9 mg/m ³
Dayanabilme Sınırı	0,9–6 mg/m ³

Farklı yoğunluklarda ve sürelerdeki formaldehit etkilenimleri Çizelge 2.19’da, havadaki formaldehitten tahmin edilen etkilenimler Çizelge 2.20’de verilmiştir.

Çizelge 2.19 Çevresel ve meslek ile ilgili formaldehitten etkilenme incelemelerinin özeti*
(Wadden, ve Scheff, 1983)

Yoğunluk (ppm)	Etkilenim	Etkiler	Kaynaklar
20,000	Oda (<1dk.)	Huzursuzluk, göz yaşarması	Barnes ve Speicher (1942)
13,800	Oda (30dk.)	Göz ve burun tahrişi	Sim ve Pattle (1957)
500–10,000	Yapı içi havası	Göz tahrişi, baş ağrısı, solunum hastalıkları	Sardinas vd. (1979)
4000–5000	Meslek ile ilgili	Sinirlilik, huzursuzluk, göz yaşarması	Fassett (1963)
670–4820	Yapı içi havası (küçük çocuk)	Kusma, ishal, göz yaşarması, burun kanaması, egzama	Winconsin Division of Health (1978)
20–4150	Yapı içi havası	Göz ve üst solunum yolları tahrişi, baş ağrısı, yorgunluk	Winconsin Division of Health (1978)
900–2700	Meslek ile ilgili	Göz yaşarması, üst solunum yolları tahrişi	Blejer ve Miller (1966)
300–2700	Meslek ile ilgili	Kötü koku, göz yaşarması, solunum yolları tahrişi, uyku düzensizliği	Shipkovitz (1968)
30–1770	Yapı içi havası	Uyuşukluk, mide bulantısı, baş ağrısı, burun ve solunum yolları tahrişi	Breyse (1981)
900–1600	Meslek ile ilgili	Şiddetli göz tahrişi ve kaşıntı, boğaz ağrısı, susuzluk, uyku düzensizliği	Morril (1961)
250–1390	Meslek ile ilgili	Üst solunum yolları tahrişi, öksürük, baş ağrısı	Kerfoot ve Money (1975)
400–800	Meslek ile ilgili	Üst solunum yolları tahrişi	Schoenberg ve Mitchell (1975)
130–450	Meslek ile ilgili	Göz, burun, boğazda yanma ve batma, baş ağrısı	Bourne ve Seferian (1959)
196–448	Günlük bakım merkezleri	Aşırı sıklıkla anormal yorgunluk, mukoza rahatsızlığı, baş ağrısı, menstrüel düzensizlik	Olsen ve Dossing (1982)

*NAS(1980)

Çizelge 2.20 Havadaki formaldehitten etkilenen insanların tahmin edilen tepkileri*
(Wadden, ve Scheff, 1983)

Yoğunluk (ppm)	Topluluğun belirli tepki verme yüzdesi	Rahatsızlık derecesi**
1500–3000	20	7–10
	> 30	5–7
500–1500	10–20	5–7
	> 30	3–5
250–500	20	3–5
<250	< 20	1-3

*NAS(1980)

**rahatsızlık indeksi (ölçek; kaynaklarda söz edilen klinik etkilerden oluşturulmuştur.):

10- Şiddetli göz, burun ve boğazda tahriş, önemli derecede huzursuzluk, şiddetli korku

7-Orta derecede göz, burun ve boğazda tahriş, huzursuzluk

5- Hafif derecede göz, burun ve boğazda tahriş, hafif derecede huzursuzluk

3-Önemsiz derecede göz, burun ve boğazda tahriş, önemsiz derecede huzursuzluk

1-Etki yok

• Benzen

Benzen, yapı içinde boyadan, ciladan, kaplama ürünlerinden çok çeşitli alanlarda kullanılan bir kimyasaldır. Benzenin bulunduğu ortamda kalınma süresine göre alerjiden kansere kadar çok çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır. En sık gözlenen rahatsızlıklar akut zehirlenme şeklindedir. Bu tür zehirlenme gözlenen kişilerde, sarhoşluk, kramp, baş dönmesi, baş ağrısı, adale kasılmaları, uyku ve sarhoşluk görülmektedir. Uzun süreli benzenli ortamda bulunmalarda, kansere neden olmaktadır (Yedekçi, 2000; TTB, 1994).

• Organizmalar

Yapı içinde bulunan organizmalar, bağışıklık sistemini etkileyerek, halsizlik, ateş, titreme, öksürük, nefes darlığı vb. birçok alerjik akut rahatsızlıklara neden olmaktadır.

Özellikle Legionella pneumophila isimli bakterinin insanlarda oluşturduğu sağlık sorunu etkilidir. Legionella bakterisi, lejyoner hastalığı olarak bilinen ve %15’lik oranda öldürücü özelliği bulunan, solunum sistemi ve bununla birlikte birçok sistemde görülen rahatsızlığa sebep olan bir bakteridir. İlk olarak 1976 yılında Philedelphia’daki bir toplantıda ortaya çıkmıştır. Türkiye’de görülen son örnek Marmaris’te kaldıkları otelde lejyoner hastalığına yakalanan Danimarkalı iki turistin ölümüyle sonuçlanan vakadır. Doğada yaygın olarak bulunan ve 40’ tan fazla çeşidi olan bakteri, binanın su sistemlerinde kolayca çoğalabilmekte ve klimalara da yerleşerek, ortam havasına kolaylıkla yayılabilmektedir. Bunun dışında soğutma kuleler, havuz, kaplıca vb. alanlarda görülmektedir. Çok sıklıkla karşılaşılmasa da oda nemlendiricileri de kaynak olarak gösterilebilmektedir (Çobanoğlu ve Kiper, 2006).

Solunum yoluyla insandan insana kolayca bulaşan lejyoner bakterisi, tedavi edilmezse ölüme sebebiyet verebilmektedir. Üst solunum yollarına ve akciğerlere yerleşerek zatürre (pnömoni) bazen de zatülcenp (plörezi) ile seyreden akut hastalıklara neden olmaktadır. Daha hafif bir tipi "Pontiac humması" olarak da bilinir (TS 12093).

2.4 Kullanıcı Sağlığı ve Risk

Yapı içi hava kirleticileri, alerjik reaksiyonlardan, sistem bozukluklarına kadar çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır. Yapı içinde bulunan herhangi bir kirleticinin kullanıcı üzerindeki etkisi riski göstermektedir. Her kullanıcı için kirleticilerin oluşturduğu risk farklılık göstermektedir. Bu farklılık kullanıcının fizyolojik (açık tenli olması, yaşı, cinsiyeti vb.) ve biyolojik (sigara kullanması, tetikleyici rahatsızlıklara sahip olması vb.) durumuna göre değişmektedir. Kirleticinin yapı içinde bulunma yoğunluğu ve kullanıcının kirleticiden etkilenme süresi de oluşacak rahatsızlıkların boyutunu etkilemektedir. Bu da kirleticinin kullanıcı üzerindeki riskini etkilemektedir. Yapı içinde farklı nedenlerden de kaynaklanan birden fazla kirletici mevcuttur. Bu durum da risk faktörlerinin çoğalmasına neden olmaktadır.

Çizelge 2.21 Yapı içi hava kirleticileri, kaynakları ve oluşturdukları rahatsızlıklar verilmiştir.

Çizelge 2.21 Yapı içi hava kirleticileri, kaynakları ve oluşturdukları rahatsızlıklar

(Wagner, 1991; Millette ve Hays, 1994; Patrick, 1994; Fink, 1998; Governo ve Kavanagh, 1999; Provey, 2001, Vural, 2004; Ek, 1995) [14]

Yapı İçi Hava Kirleticileri	Kirleticinin Bulunduğu Kaynaklar	Kirleticinin İnsan sağlığına Etkisi
Azot Dioksit	Trafik araçları egzozu, gazlı ocaklar, ısıtıcılar, sobalar, sigara dumanı, yanma işlemi sonucu	Gözde, burunda, boğazda yanma, öksürük, halsizlik, solunum enfeksiyonları
Karbon Monoksit	Trafik araçları egzozu, gazlı ocaklar, ısıtıcılar, sobalar, sigara dumanı, yanma işlemi sonucu, bacalar	Baş ağrısı, yorgunluk, halsizlik, konsantrasyon bozukluğu, dikkat dağınılığı, nefes darlığı, baş dönmesi, bulantı, kusma, düzensiz nabız, koma
Karbon Dioksit	Isıtıcılar, sobalar, sigara dumanı, yanma işlemi sonucu, bacalar, canlı nefesi (solunum)	Baş dönmesi, baş ağrısı, bulantı, nefes darlığı, nabız düzensizliği, halsizlik, uyuşukluk
Kükürt Dioksit	Akaryakıt, kömür vb. yanması sonucu, bacalar	Burun, boğaz ve göz yanması, öksürük, solunumun zorlaşması

Çizelge 2.21 Yapı içi hava kirleticileri, kaynakları ve oluşturdıkları rahatsızlıklar (devam)
(Wagner, 1991; Millette ve Hays, 1994; Patrick, 1994; Fink, 1998; Governo ve Kavanagh, 1999; Provey, 2001, Vural, 2004; Ek, 1995) [14]

Yapı İçi Hava Kirleticileri		Kirleticinin Bulunduğu Kaynaklar	Kirleticinin İnsan sağlığına Etkisi
Ozon		Fotokopi makineleri, lazerli yazıcılar, hava temizleyiciler	Bulanık görme, öksürük, göğüs ve baş ağrısı, göz, burun ve boğaz yanması, nefes darlığı, konsantrasyon azalması, astım, solunum yolları hastalıkları
Radon		Yapı ürünleri, kayalar, çöpler, su, toprak	Uzun süreli etkilenimlerde akciğer kanseri
Asılı Parçacıklar		Yapı ürünleri, nem alıcılar, havalandırma sistemleri, klimalar, ev hayvanları, yanardağ, yanma, ev işleri (süpürme, toz vb.) vb.	Çeşitli alerjiler, solunum yolları rahatsızlıkları, ateş, öksürük
Asbest		Yalıtım ürünleri, bazı kaplama türleri, bölücü duvar panelleri	Öksürük, nefes darlığı, göğüs hastalıkları, asbestosis ve kanser
Uçucu Organik Bileşikler	Formaldehit	Kontrplak, laminant, halı yapıştırıcıları, halılar, yalıtım ürünleri, boyalar, kağıt ürünler, beton, çimento vb.	Göz yanması ve yaşarması, öksürük, solunum yolları rahatsızlıkları, nefes darlığı, öksürük, ishal, kusma, halsizlik, nabız artışı
	Benzen	Sigara dumanı, mobilyalar, kaplamalar vb.	Baş ağrısı, bulantı, kanser
Organizmalar, bakteriler, virüsler		Klimalar, nem alıcılar, buzdolapları, tuvaletler, hava kanalları,	Ateş, sinüslerde tıkanıklık, lejyoner hastalığı, bulantı

3. RİSK ve YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNDE RİSK

3.1 Risk ve Risk Süreçleri

Risk;

“...belirli ve istenmeyen bir olayın sıklığı, olasılığı ve sonucunun bütünü ...”(Veritas, 2001).

“...tehlike, kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç oluşma olasılığı...”(Andrews ve Moss; 2002).

“...belirlenmiş tehlikeli bir olayın oluşma olasılığı ve sonuçlarının birleşimi...”(Karaca, 2004).

“...gelecekte ortaya çıkması istenmeyen bir olayın gerçekleşme olasılığı...” (Berk, 1992).

“...zarara uğrama tehlikesi...” olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlardan sonra riski oluşturan etmenlerin de tanımlanması gerekmektedir.

Zarar;

“... tehlikenin denetlenmemesi durumundan ortaya çıkan fiziksel, işlevsel ya da maddi hasar durumu...” (Duru ve Besbelli, 1997).

“... fiziksel yaralanma ya da insan sağlığına, çevre veya eşyaya verilen hasar...” olarak belirtilmektedir.

Tehlike;

“...Kişi/ kullanıcıların sağlığının bozulmasına, zarara uğramasına neden olan şey...” (Andaç, 2004).

“...zararın potansiyel kaynağı...”dır. İnsanın yaralanması ya da hastalığı, malın, iş yeri ve çevresinin hasar görmesi ya da bunların birleşimine neden olabilecek potansiyel bir durum ya da kaynaktır (TS 18001). İnsan sağlığına, çevreye ya da mala herhangi bir zarar verme potansiyeline sahip olan durum, potansiyel zarar kaynağı; tehlikeli bir ürün olabileceği gibi, yapılan eylemler de olabilmektedir.

Kemal Ali Cadoğlu yapmış olduğu çalışmada riskleri genel olarak kendi içinde beş alt kümeye ayırmıştır.

a) Saptanmış risk,

b) Saptanmayan risk,

- c) Kabul edilebilen risk,
- d) Kabul edilemeyen risk,
- e) Toplam risk.

Saptanmış risk; çeşitli analiz teknikleri uygulanarak faaliyet öncesi ön görülebilen risktir. Fayda / maliyet esasına göre belirlenen ve teknolojik yeterlilikle doğru orantılı bulunabilen saptanmış risk etkin bir risk değerlendirilmesinde esas unsurdur.

Saptanmayan risk; henüz belirlenememiş ancak önemli bir risktir. Saptanmış risk içinde belirlenen risk alt kümesinde sonuçları açık ve kabul edilmez unsurlar bulunmaktadır. Saptanamayan riskler genelde uzun vadede ortaya çıkan ve maliyetleri oldukça ağır olan risk gruplarıdır.

Kabul edilebilen risk; ek denetlemelere gerek duyulmadan devamına izin verilmiş saptanmış olan risklerin uzantılarıdır. Kabul edilebilen riskler uygun seviyedeki karar vericiler tarafından belirlenmektedir. Çünkü riski kontrol etmek için gösterilecek ek çabalar, çalışma etkinliğinin daha çok azalmasına neden olabilmektedir

Kabul edilemeyen risk; faaliyetler karşısında göz ardı edilemeyen risk gruplarıdır.

Toplam risk; yukarıda belirtilen dört alt grubu kapsamaktadır. Toplam risk içinde saptanan ya da saptanamayan riskler ile son kararın verileceği uygulama yöntemleri yer almaktadır [43]. Kolluru'nun 1996 yılında yapmış olduğu çalışmada risk düzeylerini belirlemek için,

- Sıfır Risk,
- En Az Risk,
- Belirgin Risk,
- İstatistiksel Ömrün Değeri, gibi birtakım ölçütler üzerinde durulmuştur.

Sıfır risk, büyüklüğü ne olursa olsun hiçbir riskin kabul edilebilir sayılamayacağını belirtmektedir. Bu düşünce teknolojinin hayatımıza her geçen gün artarak girmesiyle imkansızdır.

En az risk, çok düşük olan risklerin önemsiz olarak kabul eden ve üzerinde çalışma yapmaya gerek duyulmayan riskler olarak belirtilmektedir (Kolluru 1996).

Belirgin risk, maliyetine bakılmaksızın en kısa sürede ele alınmayı gerektirir büyüklükteki risklerdir (Kolluru 1996).

İstatistiksel ömrün değeri, risk yönetimi ile ilgili yapılan tüm çalışmaların zaman içerisinde

yenilenmesi gerekmektedir. Dünyanın yapısının değiştiği gibi toplumun da yapısı değişmektedir. İstatistiksel ömrün değeri insan ömrüyle değil, toplumun herhangi bir bireyini olumsuz etkileyebilecek bir riskin azalması ile ilgilidir. Kişi yaşamını değil, toplumun tüm bireylerinin yaşamlarını kapsamaktadır (Viscusi,1992). Bu durumda zaman içinde yapılan çalışmaların belirli dönemlerde yenilenmesi gerekmektedir.

İnsan hayatını kolaylaştırmak üzere kullanılan her teknolojik yenilik olası olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Olası olumsuz etkilere riskler, bunları göze alarak teknolojiyi kullanmaya da risk alma denir (Glikman ve Gough, 1995). Yaşamda sıfır risk hiçbir zaman söz konusu değildir. Her olay, her karar, atılan her adım istenmeyen bir yönü, yani bir riski içermektedir. Risk yönetiminde en önemli nokta alınan riskin ne olduğunun bilinmesidir. Riskin hiçbir zaman sıfıra inmediği gündelik yaşantıda, sürekli risk yönetimini uygulanması gerekir (Glikman ve Gough, 1995).

ABD'nin askeri standardı MIL_STD_882-B olarak bilinen programda riskler, çok düşük, düşük, orta, ciddi ve çok ciddi olarak değerlendirilmiş ve bu değerlendirme şekli Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bu çizelgeden elde edilen puanlamaya göre riskler, katlanılamaz, önemli, orta düzeyli, katlanılabilir ve önemsiz riskler olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.1 Risk derecelendirme matrisi (Karaca, 2004; Turan, 2004)

İHTİMAL	ŞİDDET DERECEŚİ				
	1 (Çok Hafif)	2 (Hafif)	3 (Orta Derecede)	4 (Ciddi)	5 (Çok Ciddi)
1 (Çok Küçük)	Anlamsız 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
2 (Küçük)	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
3 (Orta Derecede)	Düşük 3	Düşük 6	Orta 9	Orta 12	Yüksek 16
4 (Yüksek)	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek 16	Yüksek 20
5 (Çok Yüksek)	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Tolere Edilemez 25

Çizelge 3.1'den elde edilen matristen çıkan sonuçlar, Çizelge 3.2 verilen sonucu kabul edilebilirlik değerleri tablosuna göre değerlendirilip, gerekli önlemler alınmaktadır.

Çizelge 3.2 Sonucu kabul edilebilirlik değerleri (Karaca, 2004; Turan, 2004)

Katlanılamaz Riskler (25)	İnsan hayatı için kısa sürede kesinlikle ciddi ve hayati rahatsızlıklar ortaya çıkaran riskleri,
Önemli Riskler (15,16,20)	İnsan hayatı için uzun veya kısa sürede önemli rahatsızlıklara neden olan riskleri,
Orta Düzeydeki Riskler (8,9,10,12)	Etkisini uzun sürede gösteren, kişiden kişiye etkilenim şeklini değiştirebilen risk gruplarını,
Katlanılabilir Riskler (2,3,4,5,6)	Ortamda olduğu sürece etkisini gösteren ve etkisini kısa sürede kaybeden riskleri,
Önemsiz Riskler (1)	Uzun sürede oluşan ve etkisini kısa sürede kaybeden risk gruplarını içermektedir.

Yapılan başka bir risk değerlendirmesinde, risk bir ve sıfır arasında [1,0) değişen sayısal değerlerle verilir. Bir; %100 riski, sıfır; %0 riski gösterir. Risk, “yüksek”, “düşük”, "kabul edilebilir", "ihmal edilebilecek kadar düşük" gibi sözcüklerle tanımlanmaya çalışılmıştır. Tüm insan etkinlikleri az ya da çok risk taşımaktadır (Dirgeme, 1998).

Bazı durumlarda söz konusu riskin ölçülebilmesi mümkün olduğu halde bu etkinliğin tamamen risksiz, yani kesinlikle güvenli olduğunu belirlemek olanaksızdır. Risk yönetimi neyin kesinlikle güvenli olduğunu değil, ele alınan etkinlikteki riskin ne kadar önemli/önemsiz olduğunu belirleyerek kabul edilebilir riskin saptanmasını amaçlamaktadır. Risk yönetiminde, yöneticilerin ilk olarak belirlemesi gereken konu ‘ne kadarı yeterli?’ ya da ‘ne kadarı güvenli?’ gibi konulardır. Bazı risk gruplarının etki değerleri çok düşükken bazı risk gruplarının etki değerleri çok yüksek olabilmektedir. Risk tablosunda yer alan risklerin derecesi önemsizmeyecek kadar küçük olanlar için “kabul edilebilir risk” ölçütü kullanılır. Ölçüte göre sorunlar ve tehlikeler belli düzeyin altında olduğunda bu ifade ile tanımlanmaktadır. Ancak, kabul edilebilir risk göz önüne alınan etkinliğin önemine, bu etkinliği gerçekleştirmek için mevcut diğer seçeneklerin neler olduğuna ve saptamayı kimin yaptığına bağlı çok öznel bir ölçüttür. Riskin ne olduğu sorusu kadar, riskin kimler için risk olduğu sorusu da önemlidir. Kabul edilebilir risk kavramı; toplumun, faydaları nedeniyle tercih edilen bir teknoloji ya da etkinliklerden dolayı ortaya çıkabilecek risklerin hoş görülebileceğini gösterir (Vural, 2004). Risk kabul edilemez olduğunda ya da öyle algılandığında "alternatifleri" ortaya koymak önem kazanmaktadır. Kabul edilebilir ya da kabul edilemez risk düzeyleri, araştırmalar sonucunda, risk yöneticileri tarafından belirlenmektedir. Ancak bazı belirgin riskler vardır ki bunlar çoğunlukla kimyasal kazalar ya da teknolojik felaketlerin sonucunu incelemeye kullanılabilir. Bunlar ölçüldüğünde

önemsenecek kadar büyük değerler içeren risk gruplarıdır. Toplumun çoğunluğunun etkilendiği ya da etkilene olasığının bulunduğu riskler bu grubun temsilcileridir. Bu gibi risklerde yönetimlerin ivedi önlem alması gerekmektedir.

Risk kavramsallığı herhangi bir konuda önünü daha fazla görebilme ya da ölçebilme çabası olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu anlamda risk genel olarak hesaplanabilir, verilere dayalı, stratejik karar alma unsurlarına bağlı bilimsel ölçme ve değerlendirme yöntemi biçimidir. Yönetilemeyen bilginin ve yarattığı etkilerin, bunlardaki değişimleriyle ortaya çıkabilecek olumsuz etkilerini ön görmek ve yönetmeye çalışmak riskin temel unsurudur. Bu unsurdan hareketle riskin, kontrol edilemeyen faktörlerin ortaya çıkardığı olumsuz sonuçları inceleme alanı olduğunu da unutmamak gerekir. Riskin hesaplanabilir bir çalışma alanı olduğundan yola çıkarak bilgi ile risk arasında güçlü bir bağlantının varlığından söz etmek mümkündür. Bilgi artarken ortaya çıkabilen ve hesaplanabilen risk unsurları da artmaktadır. Bilgi ile risk arasındaki bütünleyici ilişki, aynı zamanda tehlike ile risk arasındaki ilişkiyi de ortaya koymaktadır [5].

Risk taşıyan etmenleri ortadan kaldıracılamak için izlenmesi gereken bir takım adımlar vardır. Bunlar;

Risk değerlendirmesi, risklerin tanımlanması, ölçülmesi ve nitelendirilmesidir. Riskin büyüklüğünü hesaplama ve riskin kabul edilebilir olup olmadığına karar vermeyi, risklerin kabul edilebilir bir seviyeye indirebilmek için gerekli önlemleri belirlemeyi ve bu önlemlerin hangilerinin öncelikle alınması gerektiğinin karar verilmesini sağlamaktadır (Karaca, 2004).

Risk yönetimi, var olan risklere karşı neyin nasıl yapılması gerektiğinin kararının verilmesidir.

Risk iletişimi, risk yöneticileri tarafından alınan risk ve risk yönetim kararını diğer gruplara (toplum, basın, kurumlar vd.) iletilmesi işlemidir.

Risk süreci, soruna doğru çözüm üretmeyi değil, bilimsel belirsizlikler altında karar vermeyi sağlamaktadır (Vural, 2004; Ellis, 1989; Asenta-Duah, 1993; Patrick, 1994; Öztürk, 1995; Talanlı vd. 1998; Williams, 2000).

Risk analizi; zararın meydana gelme olasılığını ve ciddiyetini belirleyen yöntemdir (Karaca, 2004).

3.1.1 Risk ve Riskin Gelişimi

Risk alanında yapılan ilk çalışmalar M.Ö. 3200'lü yıllarda başlamıştır (Cutter, 1994). Bu dönemlerdeki çalışmalar seçenek üreterek ve üretilen seçenekleri teker teker deneyerek doğru sonucu bulmaya yönelik yapılan çalışmalardır.

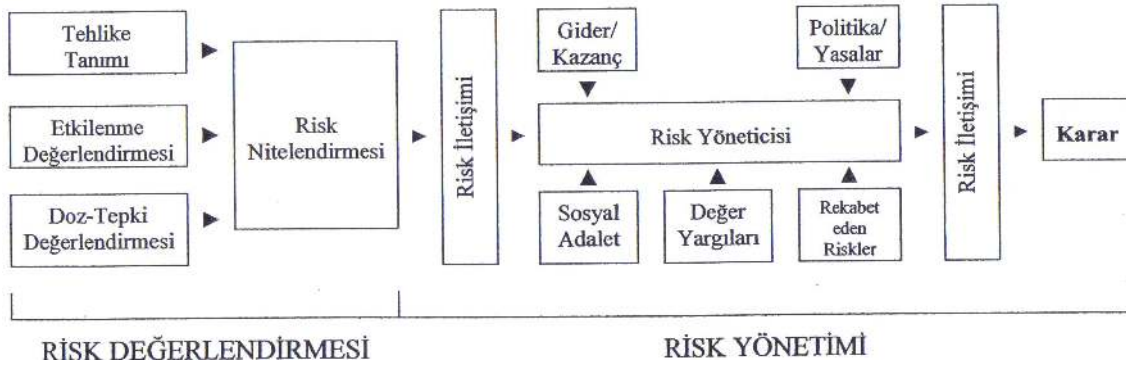
Ülkeler için savunma, askeri vb. kavramlar sürekli ön planda olan kavramlardır. Bu nedenle risk, gelişen toplumlarda ilk olarak askeri alanda ve olağanüstü durum yönetimi gibi kısıtlı alanlarda kullanılan bir kavramken teknolojinin ilerlemesiyle ve ülke ekonomilerinin gelişmesiyle risk kavramı bilimsel ve modern hayatın hemen hemen her alanında yerini almıştır [5].

Risk süreci çalışmasında üç ana risk grubu vardır. Bunlar mesleki riskler, ekonomik riskler ve toplumsal riskleridir. Mesleki riskler; iş ortamında oluşabilecek ölümcül kaza ya da zarar sonucu iş gücünü etkileyecek olan risklerdir. Ekonomik riskler; anapara kayıpları sonucu oluşan maddi zararları kapsamaktadır. Toplumsal riskler; bu tezde konu kapsamında işlenmekte olan çevre ve insanı içeren risklerdir (Vural, 2004; Andrews ve Moss, 2002); [8].

Toplumsal risk süreci için farklı modeller oluşturulmuştur.

Asante-Duah'ın 1993 yılında yaptığı "Tehlikeli Atık Risk Değerlendirmesi" çalışması, 1993 yılında Cranor'ın "Zehirli Madde Düzenleme" çalışması, Neely 'in 1994 yılında yapmış olduğu "Kimyasal Etkilenmeye Giriş ve Risk Değerlendirmesi" çalışması risk değerlendirmesi ve risk yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalardandır.

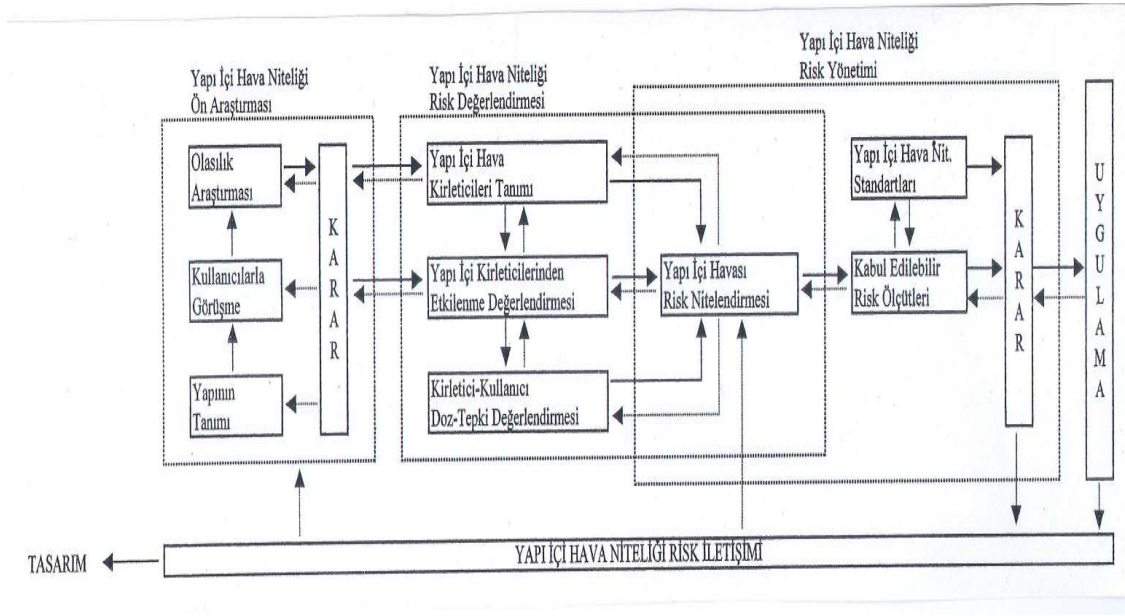
Spengler'in, 2000 yılında hazırlamış olduğu risk değerlendirmesi ve risk yönetimi çalışması Şekil 3.1'de verilmektedir. Bu çalışma, diğer yapılan çalışmalara göre daha net bir çalışmadır. Tehlike tanımı, etkilenme değerlendirmesi, doz-tepki değerlendirmesi ve risk nitelendirmesi, risk değerlendirmenin adımları olarak verilmiştir. Risk yönetiminin ilk adımı, risk değerlendirmesi sonucunda ortaya çıkan risk iletişimi olarak belirlenmiştir. Daha sonraki adım ise risk yöneticisine giden, gider/kazanç hesabı, yasalar, adalet, değer yargıları ve diğer riskler değerlendirilip yapılan çalışma sonucunda risk yöneticisi, var olan risklere karşı risk yönetim kararı oluşturmaktadır.



Şekil 3.1 Risk süreci modeli (Spengler, 2000)

Bureauy Veritas'ın "Risk Önleme Yaklaşımı" adlı çalışma risk yönetimi alanında yapılan ilk çalışmalardan biridir. Ancak günümüz risk yönetim modellemesi için yetersiz kalmaktadır. Daha sonraki yıllarda, Haimas (2002) "Risk Modelleme, Değerlendirme ve Yönetim" adlı çalışma yapmış ve bu çalışmada risk süreci adımlarını; risk tanımlama, risk ölçümü, risk nitelendirmesi, risk kabul ya da önlenmesi ve risk yönetimi olarak belirlemiştir.

Şekil 3.2 'de Vural tarafından 2004 yılında hazırlanan yapı içi hava niteliği risk süreci model çalışması verilmiştir. Çalışmada, yapı içi hava niteliği ön araştırması yapıldıktan sonra risk değerlendirmesine, daha sonra risk yönetimine geçilmiş ve iletişim her aşamada birbiriyle ilişkilendirilmiştir. Yapı içi hava niteliğinde ön araştırma yaparken; olasılık araştırması, kullanıcılarla görüşme, yapının tanımı yapılmış ve bu çalışmandan elde edilen verilerin sonucunda yapı içi hava niteşiği ile ilgili kararlar alınmıştır. Yapı içi hava niteliği ile ilgili elde edilen verilerle risk değerlendirme adımına geçilmiştir. Risk değerlendirme bölümünde, yapı içindeki kirleticiler tanımlanmış, etkilenmeleri ve doz-tepki değerlendirmeleri yapılarak yapı içi risk yönetimine geçilmiştir. Yapı içi risk yönetimi, risk değerlendirmesinden elde edilen verilerle risk nitelendirilmesi yapılmıştır. Risklerin nitelendirilmesi yapılırken kabul edilebilir risk ölçütleri değerlendirilerek, risk yönetiminde karar bölümüne geçilmiştir. Alınan kararların ardından uygulama işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2 Yapı içi hava niteliği risk süreci modeli (Vural, 2004)

3.1.2 Riskin Değerlendirilmesi

Risk değerlendirme; riskin büyüklüğünü hesaplama ve riskin tolere edilebilir olup olmadığına karar verme yani, riskleri makul bir seviyeye indirebilmek için gerekli önlemlerin belirlenmesi ve bu önlemlerin hangilerinin öncelikle alınması gerektiğine karar verilmesi işlemidir (Karaca, 2004). Risk değerlendirmesi, sonucu itibariyle her türlü güvenlik ihlallerine neden olan risklerin ortaya konması ve yorumlanması işlemi olduğundan tehlikeleri belirleyebilmek ve riskleri tahmin edebilmek için gerekli bir adımdır [6].

Genel anlamda risk değerlendirmesi yapmanın amacı, alınması gereken önlemlerin belirlenmesi böylece her bir tehlikenin ortaya çıkma olasılığıyla, olası sonuçların şiddet derecesinin değerlendirilmesi, mevcut kontrollerin etkinliğinin gözden geçirilmesi, dolayısıyla da acil önlem gerektiren kabul edilemeyecek risklere, birtakım önlemlerle orta vadede kabul edilebilir düzeylere indirebilecek risklerin tanımlanması ve ayırt edilmesidir.

Risk değerlendirmesi bilimsel verilerin sonucunda, uzmanların kararı ve belirlenen varsayımdan oluşmaktadır (Graham, 1995).

Nicel ve Nitel olmak üzere iki temel risk değerlendirme yöntemi vardır.

Nicel risk değerlendirmesinde, risk hesaplarken sayısal yöntemlere başvurulmaktadır. Nitel risk değerlendirmesinde ise, kıymet, açıklık, tehdidin gerçekleşme olasılığı, tehdidin etkisi

gibi etkenlere sayısal değerler verilip bu değerler matematiksel ve mantıksal yollar değerlendirilip risk değeri bulunmaktadır [6].

Risk değerlendirmesi, risklerin tanımlanması, ölçülmesi ve nitelendirilmesini içerir. Risk değerlendirmesi dört adımdan oluşur. Bunlar;

- Tehlikenin tanımı,
- Etkilenme değerlendirmesi,
- Doz-tepki değerlendirmesi ve
- Risk nitelendirmesi (Vural, 2004; Williams, 2000; Neely, 1994)

Risklerin doğru değerlendirilebilmesi için belirli bir süreçten geçmesi gerekmektedir. Bu süreç risklerin değerlendirme süreci olarak adlandırılmaktadır.

Riski oluşturan tehlike kaynaklarının sınıflandırılması olmadan risklerin değerlendirilmesinin doğru yapılamayacağı ve dolayısıyla gerekli risk yönetim modelinin oluşturulamayacağı ortaya çıkmaktadır.

Risk değerlendirmesinde karşı önlemlerin nasıl ve ne şekilde alınacağı üstünde durulmamalı, bu işlem risk yönetimine bırakılmalı ve doğru değerlendirmeler için, sürekli iyileştirme ve gözden geçirme yapılmalıdır [25].

Günümüzde, tehditlerin artması ile beraber, risk değerlendirmesi ve risk yönetiminin sahasına giren, tehdit tanımla ve karşı önlem belirleme safhaları çok geniş nesneleri kapsadığından dolayı, birçok risk değerlendirmesi ve yönetimi her nesneyi karşılayamamakta ve bazı nesneler göz ardı edilebilmektedir.

Risk değerlendirilmesi yapılırken birtakım yöntemler takip edilerek değerlendirmeler yapılmaktadır. Çizelge 3.3’de başlıca risk değerlendirme yöntemleri verilmiştir. Bu yöntemlerin çoğu her sektör için uygulanabilmektedir.

Çizelge 3.3 Risk değerlendirme metodolojileri (Karaca, 2004)

Risk Değerlendirme Metodolojileri
Başlangıç Tehlike Analizi -(Preliminary Hazard Analysis-PHA)
İş Güvenlik Analizi-JSA (Job Safety Analysis)
Kontrol Listesi Kullanarak Risk Analizi- (Preliminary Risk Analysis (PRA) Using Checklists)
Tehlike ve işletebilme Çalışması Metodolojisi (Hazard and Operability Studies-HAZOP)
Olası Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi-HTEA/OHTEA (Failure Mode and Effects Analysis-Failure Mode and Critically Effects Analysis-FMEA/FMECA)
Güvenlik Denetimi (Safety Audit)
Hata Ağacı Analizi Metodolojisi –HAA(Fault Tree Analysis-FTA)
Olay Ağacı Analizi-Event Tree Analysis-ETA)
L Tipi Matris
Çok Değişkenli X Tipi Matris Diyagramı
Neden-Sonuç analizi (Cause-Consequence Analysis)
Risk Değerlendirme Karar Matris Metodolojisi (Risk Assessment Decision Matrix)

3.1.3 Risk Yönetimi

Risk yönetimi; risk değerlendirmesinin sonucunda ortaya konan ve yorumlanan risklerin önüne geçmek ve/veya azaltmak amacıyla uygun, maliyet etkin karşı önlemlerin alınması işlemidir [25].

Risk yönetimi, riskler karşısında davranış kararının verildiği adımdır ve risk yöneticilerinin görevidir. Var olan risklerin düzeyi, dağılımı ve kabul edilebilirlik oranlarıyla ilgili kararlar risk yönetiminde alınmaktadır (Karaca, 2004).

Risk yönetiminin hedefi, her türlü olumsuz etkeni en aza indirmek, etkinliğin belirli tehlikelerini tanımlamak, değerlendirmenin ve yönetim programı uygulanacak alan içerisinde olabilecek tehlikelere uygun yanıt verebilmek, çeşitli tehditlerin etkisini ve olma olasılığını azaltacak hazırlıkları, kontrolleri teşhis etmek ve etkisiz kılmak için çeşitli yöntemler tasarlamaktır.

Risk yönetiminde, potansiyel tehlikelerin istatistiği, risk kaynağı, yaşanmış olayların raporları, riskten etkilenenlerin etkinlik deneyimi, katılımcıların riskli durumu nasıl algıladıkları, var olan risklerin ne oranda yaşandığı belirlenmektedir.

İlk risk yönetim modeli düzenlemesi Hong Kong Denetim Otoritesi'nden Simon Topping tarafından, “Basel-II” toplantısında ortaya konulmuştur. Basel-II, kredi ve operasyonel risklerin daha gerçekçi ve daha doğru olarak ölçülmesinin yanı sıra bu çalışmada risklerin yönetimine de özel önem vermektedir.

Risk yönetimi adım adım ilerlenerek oluşturulur. Risk yönetiminin ilk adımı sorunu tanımlayarak risk sınıflandırması yapmaktır. Bu sınıflandırmaya göre ikinci adıma geçilir ve risk yöneticileri, neyin kabul edileceğini, var olan riskle ilgili neyin yapılabileceğinin yanıtlarını aramaktadır. Yani riskler irdelenmektedir. Üçüncü adıma geçilerek riskler değerlendirilir ve yapılan sınıflandırma sonucunda ya o risk değeri kabul edilir ya da kabul edilmez. Bazı değerdeki risk gruplarının etkilerini ortadan kaldırmak ya da azaltabilmek için seçenekler oluşturulmaktadır. Seçenekler oluşturulurken; uygulanabilirlik, maliyet, sosyal ve yasal etmenler, bilimsel araştırmaların yeterliliği gibi konular dikkate alınmaktadır (Balanlı ve Öztürk, 2006). Çözüm seçenekleri değerlendirilerek dördüncü bölüme, karar alma aşamasına geçilmektedir. Kararlar verildikten sonraki beşinci bölüm uygulama aşamasıdır. Risk yönetim faaliyeti riskin tanımlanıp, değerlendirilmesi ve kabul edilebilir bir seviyeye azaltılması ile onu bu seviyede tutacak mekanizmaların kurulması olarak açıklanmaktadır. Risk yönetimini ve altındaki aktiviteleri tartışmaya başlayınca çok zor ve karmaşık bir iş gibi görülmektedir. Risk yönetimi işlemi sistematik ve detaylı bir çalışma gerektirmektedir (Aldrich ve Griffith,1993; Lagoy, 1994). Risk değerlendirmesi, yorumlaması ve yönetimi bir defa yapılmaz. Risk değerlendirme ve yönetimi belli aralıklarla yapılmalıdır. Çünkü tehditler ve değerler daima değişecektir. Bütün bunlar değişmese bile daha maliyet etkin çözümler ortaya çıkabilecektir [6]. Risk değerlendirmesi ve yönetimi birer sonuç değil, sürekli birbirini takip eden iki ana süreçtir.

3.1.4 Risk İletişimi

Risk iletişimine gelene kadar yapılan tüm çalışmaların sonucunda, risk yöneticileri birçok rapor hazırlamaktadır. Hazırlanan raporlar risk iletişimde etkili olabilmek için gereklidir.

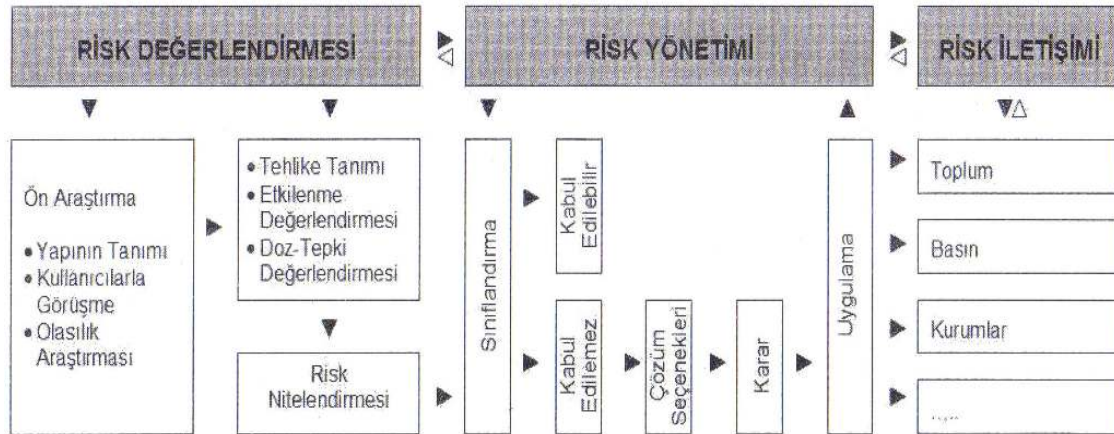
Risk iletişimin başarılı olabilmesi için;

- Risk iletişimi adımına toplumu dahil etmeli,
- Topluma iletilmek istenen bilgi dikkatli planlanmalı ve sağlanan iletişim değerlendirilmeli,
- Toplumun söylemleri ve kaygıları iyi anlaşılmalı,
- Dürüst ve açık olunmalı,
- Risk iletişiminde sağlık kurumları toplumla birlikte çalışmalı,
- Basın organlarının rolünü anlamalı ve iletişim sağlanmalı,
- Açık ve net iletişim kurulmalıdır (Aldrich ve Griffith,1993; Lagoy, 1994).

3.2 Yapı İçi Hava Kirliliğinde Risk

Yapı içi hava kirliliğinin insan sağlığı üzerinde oluşturduğu ya da oluşturabileceği olumsuz durumlar insan için risk oluşturmaktadır.

Şekil 3.3’de yer alan risk araştırma süreci modeli Balanlı ve Öztürk tarafından hazırlanmış bir çalışmadır. Risk; risk değerlendirmesi, risk yönetimi ve risk iletişimi adımlarından oluşmaktadır. Çalışma, Vural’ın 2004 yılında yaptığı çalışmanın geliştirilmiş modelidir. Risk değerlendirmesi, ön araştırma, yapının tanımı, kullanıcılarla görüşme, olasılık araştırması çalışmalarının ardından tehlikenin tanımı, etkilene ve doz-tepki değerlendirmesi çalışmalarının yapılmasıyla risk nitelendirmesine gidilmektedir. Bu adımlardan sonra risk doğru şekilde tanımlanabilmektedir. Bu adımlardan sonra risk yönetimi adımına geçilmektedir. Nitelendirilen riskler sınıflanır ve elde edilen sayısal değerlere göre riskler kabul edilebilir ve kabul edilemez olarak ikiye ayrılır. Kabul edilemez riskler için çözüm seçenekleri oluşturulur. Var olan risk için en doğru çözüm seçeneğinin uygulanması karar olarak alınır ve uygulanır. Uygumla işleminden sonra en son adım olan risk iletişimine geçilir ve toplum yapılan uygulama hakkında bilgilendirilir.



Şekil 3.3 Yapı biyolojisi risk araştırmaları sürecinde adımlar (Balanlı ve Öztürk, 2006)

Yapı içi hava kirliliğinde de risk; risk değerlendirmesi, risk yönetimi, risk iletişim adımları takip edilerek oluşmaktadır.

Yapı içi hava kirliliğinde risk değerlendirme adımları Vural’ın 2004 yılında ve Balanlı ve Öztürk’ün 2006 yılında yapmış olduğu model çalışmasındaki gibi ele alınarak işlenmiştir.

3.2.1 Yapı İçi Hava Kirliliğinde Risk Değerlendirmesi ve Değerlendirme Adımları

Yapı içi hava kirliliği risk değerlendirmesinde, hangi ürünün, ne tür binalarda, hangi kullanıcılarla eşleştirmesinin saptanması gerekir. Risk değerlendirme yönetim adımları tehlikelerin tanımlanmasıyla, risklerin değerlendirilmesiyle ve uygun önlemlerin seçilmesiyle yapılmaktadır.

Risk değerlendirmesi ilk olarak nelerin insan sağlığı üzerinde tehlike yarattığının, nelerin risk olarak kabul edildiğinin tanımlamalarının yapılmasıyla başlamayan, kendi içerisinde uzun ve ayrıntılı bir süreçtir. Yapılan gözlemler sonucunda incelenen konu kapsamında bir liste oluşturulup sınıflandırmalar yapılarak risk olarak görülen tüm olasılıklar listeye eklenmektedir. Daha sonraki aşamada, ortaya konulmuş olan tehdit ve karşı önlemlerin değerlendirilmesi işlemi yapılmaktadır. Değerlendirilmiş tehdit ve karşı önlem değerleri girdi olarak alınıp, matematiksel ve mantıksal yollar kullanılarak risk değeri bulunmaktadır. Son olarak risk-kıymet eşleştirmesi yapılarak işlem sonlandırılmaktadır [6]. Risk değerlendirmesi yapılmadan doğru risk yönetim planı yapılamaz. Bu kapsamda önemli olan, risk oluşturan etmenlerin listesinin doğru yapılmasıdır.

Risk değerlendirmesinin yapılması gereken noktalardan bir tanesi, tasarım sürecinin başlangıcı olmalıdır. Bu noktada yalnızca ilk risk değerlendirmesi yapılabilir. Tasarım süresince ilk risk değerlendirmesinin geçerliliği tekrar gözden geçirilmelidir. Çünkü bazı tasarım fikirleri yeni tehlikeler ortaya çıkartabilir ya da başta varsayılan bazı tehlikelerin oluşma olasılığını değiştirebilir. Tasarım sürecinin sonunda yetkili kuruma sunulması gereken risk değerlendirme çalışmasına son şekli verilebilir. Aynı koşullarda ürünün pazara sunulmasından sonra da risk değerlendirmesinin tekrar gözden geçirilmesi gerekebilir. Risk değerlendirmesi disiplinli bir ekip tarafından uygulanmalıdır. Bu iş için medikal uzmanlar, operatörler, tasarım mühendisleri, mimarlar, pazarlama ve yönetimi içeren bir kadro düşünülebilir.

Ürünler ve yapılar için risk değerlendirmesinin yapılmasının asıl amacı güvenlik gereksinimlerini belirlemek, oluşabilecek tehlikelere karşı uygun çözüm bulabilmek ve tehlikeleri azaltabilmektir [25].

Yapı içi hava kirliliğinde risk yönetimi belirli bir süreci içermektedir. İlk önce yapı içi hava kirleticisi için risk değerlendirmesi yapılır ve değerlendirmenin adımları tamamlanarak risk yönetimine geçilir.

3.2.2 Ön Araştırma

İlk adım olarak yapı, yapının kullanıcıları ve yapının bulunduğu yer, daha önceki kullanım şekli, kullanıcıları, yapının oturduğu zemin vb. konular hakkında bilgi toplanmasını içermektedir.

Olasılık Araştırması			KARAR	
• Bilgi birikimine dayalı olası kirleticileri belirleme				
• Beş duyu ile olası kirleticileri belirleme		→	Beş duyu ve bilgi birikimi belirlenen kirleticiler	
• ...				
Kullanıcılarla Görüşme			Kullanıcı görüşmeleri ile belirlenen kirleticiler	
• Sözlü görüşmeler		←		
• Yazılı görüşmeler/ anket				
Yapının Tanımı			Yapının tanımından belirlenen kirleticiler	
• İşlevi				
• Yapı ürünlerinin belirlenmesi		←		
• Yapı elemanlarının ayrıntılı çözümleri				
• ...				
			KARAR	

Şekil 3.4 Yapı içi hava niteliği ön araştırması (Vural, 2004)

3.2.2.1 Yapının Tanımı

Yapı; kullanıcıların gereksinimlerini gidermek üzere tasarlanmış ve üretilmiş yapma bir çevredir. Her yapının kullanıcısı, eylemleri ve yapı içinde kullanılan yapı ürünleri farklıdır. Zaman zaman kullanıcılar, eylemler ve yapı ürünleri ayrı yapılarda olmalarına rağmen çakışmalar da yapılar için temel gereksinimler farklıdır. Yapı içinde yapılan eylemler, kullanılan ürünler, yapı içinde yer alan makinelerin her biri birer yapı içi hava kirleticisi kaynağıdır. Bir okuldaki kirleticiler ile evdeki kirleticiler farklıdır. Aynı olan kirleticilerin ise dozlarında farklılık gözlenmektedir. Bu nedenle yapının işlevi, yapıda kullanılan ürünler ve yapı içi eylemlerinin doğru tanımlanması gerekmektedir.

3.2.2.2 Kullanıcılarla Görüşme

Yapılar, insanların gereksinimleri için yapılmışlardır. Kullanıcıların yapı içindeki durumlarının tespit edilmesi için bir takım çalışmalar yapılabilir. Anketler, yazılı ve sözlü görüşmeler vb. çalışmalar insanların kullandıkları yapı içindeki yaşadıkları sağlık sorunlarını, yapının gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığını, kullanıcıların yapı içindeki psikolojilerini

vb. birçok konu hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Böylece yapacağımız çalışmaya daha doğru tespitlerle başlamış oluruz.

3.2.2.3 Olasılık Araştırması

Araştırmacı, yapının bulunduğu çevre etmenlerini belirlemeli, yapının bulunduğu konumdan kaynaklanan kirleticilerin tespiti ve daha sonra da yapı içinde olabilecek kirleticiler belirlenip bir liste halinde hazırlanmalıdır.

3.2.2.4 Ön Araştırma Kararı

Yapı içi hava kirleticilerini incelerken yapılan tüm çalışmalar; ön araştırma, yapının tanımı, kullanıcılarla görüşmeler, olasılık araştırmaları hangi kirleticilerin değerlendirmeye alınması gerektiği konusunda ön fikir vermektedir. Bu bölümden sonra risk değerlendirmesinin ikinci bölümüne geçilmektedir.

3.2.3 Tehlikenin Tanımı

Sağlığa olumsuz etki edecek olan kirleticilerin belirlenmesini içeren süreçtir. Bu süreç; kirleticilerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin toplanması, bu özelliklerinin ne gibi sağlık sorunlarının yarattığının belirlenmesi için gereklidir.

Kirleticiler, bilimsel verilere dayalı olarak belirlenirler. Bu veriler test edilmiş, kabul görmüş araştırmalardır. Bu araştırmalar klinik ve epidemiyolojik çalışmalar, hayvan deneyleri, hücre ve doku testleri ve yapı-aktivite ilişkilerini içermektedir (Master, 1998 ve NRC, 1983). Klinik ve epidemiyolojik çalışmalar tasviri ve analitik çalışmalardan oluşmaktadır. Tasviri çalışma, şüphe edilen risk etmenlerinin geçici veya ara dağılımını, toplumdaki hastalık oranını kıyaslayarak araştırmaktadır. Analitik çalışmalar ise, kişileri ya da grupları, referans topluluğa kıyaslayarak araştırmaktadır (Patrick ve Anderson, 1999). İstatistiksel olarak verilerden yararlanmak da mümkündür. Ancak bu bilgiler etik sınırlar nedeniyle fazla kullanılmamaktadır. En yoğun olarak kullanılan veri sonucu, deney hayvanlarından elde edilen sonuçtur. Deney hayvanlarında akut, subkronik ve kronik etkiler görülmektedir. Akut etki, kısa sürede görülen etkidir. Subkronik etki, doğal etkilenmeler sonucu görülen etkidir. Kronik etki ise, uzun süreli etkilenmeler sonucudur (Cooke, 1993; Griffin, 1994; Vural, 2004). Hayvanların ve insanların yapılarında var olan anatomik farklılıklar nedeniyle insan üzerinde farklı sonuçlar yaratabilmektedir.

Maddeleri sınıflandırmak bilimsel bir çalışma gerektirmektedir. Sınıflandırma kullanılan madenin kanserojen olup olmadığının belirlenmesi için yapılmaktadır. Bu çalışma çeşitli kurumlar tarafından geliştirilmiştir (USEPA, 1986a).

Sınıflandırmalar;

- Yeterli insan kanserojeni kanıtı varsa “insan kanserojenleri” (Grup A),
- Limitli insan kanserojeni veya yeterli hayvan kanserojeni varsa “olası insan kanserojeni” (Grup B),
- Kanserogen potansiyelini gösteren sınırlı veya yetersiz bilgi varsa “olabilir insan kanserojeni” (Grup C) ya da sınıflandırılmaz (Grup D),
- En az iki yeterli olumsuz hayvan ya da insan deney sonucu varsa “kanserojen değil” (Grup E) olarak sınıflandırılır.

Çizelge 3.4’de yer alan insan kanserojen sınıflandırmasına benzer başka çalışmalar da yapılmıştır. NTP, IARC vb.

Çizelge 3.4 USEPA insan kanserojen sınıflandırması (Williams,2000)

İnsan Kanıtı	Hayvan Kanıtı				
	Yeterli	Limitli	Yetersiz	Bilgi Yok	Kanıt Yok
Yeterli	A	A	A	A	A
Limitli	B ₁	B ₁	B ₁	B ₁	B ₁
Yetersiz	B ₂	C	D	D	D
Bilgi Yok	B ₂	C	D	D	E
Kanıt Yok	B ₂	C	D	D	E

3.2.4 Etkilenme Değerlendirmesi

Tehlike insandan insana değişebilmektedir. Bu değişikliği de insanın o tehlikeden etkilenmesi belirlemektedir. Etkilenmenin sıklığı, süresi, yoğunluğu etkilenim değerlendirmesinde bilinmesi gereken değerlerdir.

İnsan, yaşamı içerisinde birçok olumsuzluktan etkilenmektedir. Yapı içindeki kirleticilerden etkilenmesi de kaçınılmazdır. Elle temasla, solunum yoluyla, yenilen bir maddeyle, kirletici yoğunluğu yüksek topraktan üretilen ürünlerle, kirletici karışmış su tüketimiyle vb. birçok yolla etkilenme gerçekleşmektedir.

Etkilenme aynı yoğunlukta olmasına rağmen yaşlılarda, çocuklarda, hamilelerde, kadınlarda, erkeklerde, farklı yaş düzeyindeki insanlarda, açık tenli olanlarda, bağışıklık sistemi zayıf

insanlarda, farklı yoğunluklarda hissedilebilmekte ve bünyelerde farklı tepkiler gösterebilmektedir.

Kirleticinin, kirleticiden etkilenen insan üzerindeki etkisini ölçmek için iki yöntem uygulanmaktadır. Bunlar doğrudan yöntem ve dolaylı yöntemdir. Doğrudan yöntemle, kirleticinin çevredeki yoğunluğu ölçülerek belirlenirken, dolaylı yöntemde ise matematiksel model kullanılmaktadır (Williams, 2000).

Kirleticinin hayat boyu ortalama günlük doz denklemi (3.1)

$$\text{LADD (mg/kg/gün)} = \frac{(\text{Yoğunluk}) (\text{Solunan Hava}) (\text{Etkilenim Süresi}) (\text{Emme Faktörü})}{(\text{Ortalama Süre}) (\text{Vücut Ağırlığı})}$$

olarak formülize edilmiştir.

LADD = Hayat boyu ortalama günlük doz

Yoğunluk = ppm, mg/kg, mg/L veya mg/m³

Solunan Hava = ppm, mg/gün, L/gün veya m³/gün

Etkilenim Süresi = Gün

Emme Faktörü = Birim yok

Ortalama Süre = Gün

Vücut Ağırlığı = Kg

3.2.5 Doz-Tepki Değerlendirmesi

Doz-tepki değerlendirme, etki yapan kirleticinin dozu ve oluşturduğu sağlık sorunu arasındaki ilişkidir.

Doz-tepki değerlendirme hem akut, hem de kronik sağlık tepkilerini incelemektedir (Vural, 2004). Akut kirleticilerle kısa sürede oluşan etkilenmeleri, kronik etkiler ise uzun süreli etkilenmeler sonucu oluşan ve kalıcı ve ya değiştirilemez nitelikleri göstermektedir.

Doz-tepki değerlendirmesini belirleyebilmek için yapılan çalışmalar arasında zehirlilik testi,

kanserojen olan ve olmayan maddelerin testleri sıralanabilmektedir. Çoğunlukla deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalardan, hangi kimyasalların, hangi dozlarda zehirli olduğunu, kanserojen etki yaptığını vb. değerleri belirtilebilmektedir.

3.2.6 Risk Nitelendirmesi

Doz-Tepki değerlendirmelerinin birleştirilerek risk nitelendirilmesi oluşturulmaktadır. Bu bilgiler ışığında risk hesapları oluşturulur. Kanser olmayan riskler ve kanser riskler şeklinde belirtmek mümkündür ve bu risklerin hesapları da farklılık göstermektedir (Masters, 1998).

Kanser Olmayan Riskler;

$$(Tehlike Bölümü) HQ = \frac{LADD}{RfD} \quad (3.2)$$

$$(Tehlike İndeksi) HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n \quad (3.3)$$

$$(Hata Sınırı Yöntemi) MOE = \frac{NOAEL}{LADD} \quad \text{şeklinde formüllendirilmiştir (Barnes, 1998).} \quad (3.4)$$

Kanser Riskleri; (Williams, 2000)

$$\text{Kanser Riski} = LADD \times CSF \quad \text{şeklinde formüllendirilmiştir.} \quad (3.5)$$

Yapı içi hava niteliği risk değerlendirmesi içerikleriyle birlikte Şekil 3.5’da verilmiştir.

Yapı İçi Hava Kirleticileri			Yapı İçi Havası Risk Nitelendirmesi		
Tanımı			→		
• Bilgi kaynakları			←-----		
• sınıflandırma planı					
Yapı İçi Hava Kirleticilerinden Etkilenme Değerlendirmesi			→	Risk Hesapları	
• Kirleticilerden etkilenme yolları			←-----	•Kanser olmayan risk hesapları	
• Etkilenen grup tanımı				•Kanser risk hesapları	
• Kirleticilerin ölçümleri				Risk anlatımları	
Kirleticisi- Kullanıcı/Doz- Tepki Değerlendirmesi			→		
• Eşik değerlerinin belirlenmesi			←-----		
• Zehirlilik testi ve uyarılma bilgileri					

Şekil 3.5 Yapı içi hava niteliği risk değerlendirmesi

3.3 Yapı İçi Hava Kirliliğinde Risk Yönetimi

Risk, beklenmeyen belirli bir olayın, sıklığı, olasılığı ve sonucunun bütünü olarak belirtilmektedir (Vural, 2004; Andrews ve Moss, 2002; Duru ve Besbelli, 1997). Risk yönetimi ise, toplumdaki risklerin düzeyini, dağılımını ve kabul edilebilirlik düzeyleri ile ilgili risk yöneticileri tarafından belirlenmiş kararları içermektedir.

Risk yönetimi konusu geniş uygulama alanına sahiptir, bu tezde risk yönetimi yapı içi hava kirliliği için incelenmiştir.

Yapı içindeki havanın yapısını olumsuz etkileyecek birçok yapı kirleticisi vardır. Bu kirleticilerden birden fazlası aynı yapı içinde bulunabilmektedir. Her kirleticinin, her yapı içinde incelenmesi büyük zaman, emek ve maddi kayıplara neden olabilmektedir.

Yapı içi hava kirliliğine neden olan sebepler;

- Yapı dışındaki çevreden (fiziksel dış çevre) kaynaklı kirlilik,
- Yapı kullanımından (kullanıcının kendisi ve eylemleri) kaynaklanan kirlilik,
- Yapı ürünlerinden (gereç, parça, bileşen, öge, birim) kaynaklanan kirliliktir (Balanlı ve Öztürk, 2006).

Risk yönetimi yapılmadan önce risk olarak görülen maddeler risk değerlendirilmesi aşamasında listelenerek sıralanmalıdır. Bu maddeler içerisinden hangilerinin kabul edilebilir hangilerinin kabul edilemez riskler olduğunun belirlenmesi gerekmektedir

3.4 Yapı İçi Hava Kirliliğinde Risk İletişimi

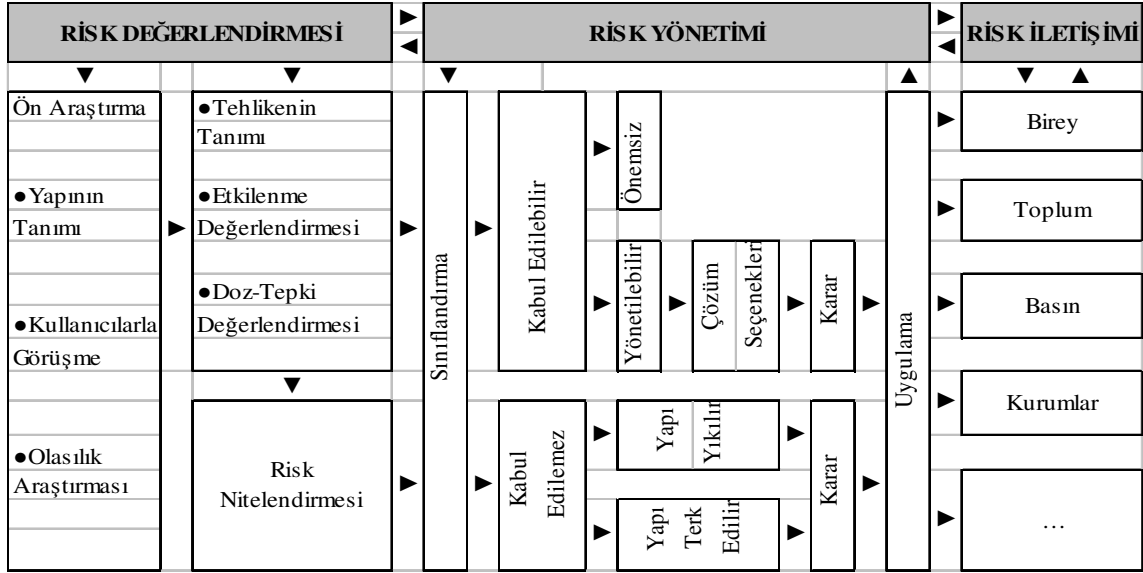
Genel anlamıyla, risk iletişimleri risk yönetimlerinin paylaşılmasıdır. Konu ne olursa olsun iletişim için izlenen yol hemen hemen aynıdır. Bu konuya da 3.1.4’de değinilmiştir.

4. YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNDE RİSK YÖNETİMİ

İç hava kalitesi, yapının iç havasının temizliği, nemi, basıncı vb. etkenleri ile ilgilidir. İç hava kalitesi "Kabul edilebilir iç hava kalitesi için havalandırma" başlıklı ASHRAE 62-1989 Standardında şöyle açıklanmaktadır; " İçinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı yoğunlaşma seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranın, havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır" (ASHRAE, 1989).

Yapı içi hava kirliliğinde risk analizi konusu Spengler'in 2000 yılında yaptığı ve Şekil 3.1 'de verilen şekliyle "risk süreci modeli" olarak verilmiştir. Model risk değerlendirmesi ve risk yönetimi adımlarını içermektedir. Risk yönetiminde, risk değerlendirmesi adımıyla elde edilen veriler risk yöneticisi tarafından toplanmış ve sosyal etmenler, maliyet, değer yargıları, yasalar ve diğer risklerle birlikte ele alınarak karar aşamasına geçilmiştir. Spengler'in "risk süreci modeli"ndeki risk yönetimi evresinde risk, sınıflandırılmadan risk yöneticisine teslim edilmiş ve risk yönetimi adımları oluşturulmuştur. Vural'ın 2004 yılında önerdiği "Yapı içi hava niteliği risk süreci modeli" Şekil 3.2'de verilmiştir. Spengler'da eksik olarak görülen risk yönetimi bölümü Vural'ın modelinde detaylı olarak ele alınmıştır. Yapılan ön araştırma ve risk değerlendirmesi adımlarından sonra risk yönetimine geçilmiş ve yapılar taşıdıkları risk ölçütlerine göre değerlendirilmiştir. Yapı içindeki risklerden, kabul edilemez olan riskler tabloya eklenmemiştir. Yapılara bazı durumlarda hiçbir işlem yapılmayacağı, bazı durumlarda terk edileceği ya da yıkılacağı ve bazı durumlarda iyileştirme yapılacağı belirtilmemiştir. Genel olarak Vural'ın hazırladığı modelin terminolojisinde eksiklik görülmüştür. Balanlı ve Öztürk'ün 2006 yılında yaptıkları Şekil 3.3'de verilen "Yapı biyolojisi risk araştırmaları sürecinde adımlar" modeli, Spengler'in çalışmasında oluşturduğu modele göre geliştirilmiş bir çalışma olmuştur. Bu modelde risk süreci adımları üç ana başlık altında incelenmiş ve risk yönetimine risk değerlendirmesi sonucunda elde edilen verilerle gidilmiştir. Risk yönetimi, risk değerlendirmesi sonucunda oluşan sınıflandırma ile başlamaktadır. Sınıflandırma sonrası riskler taşıdıkları risk değerlerine göre "kabul edilir" ve "kabul edilemez" olarak ele alınmıştır. Kabul edilebilir risklerde herhangi bir işlem yapmaya gerek görülmemiş, kabul edilemez risklerde ise çözüm seçenekleri aranarak, karar ve uygulama adımlarına gidilmiştir. Ancak bu çalışmada risk yönetimin bölümünde yer alan sınıflandırma Çizelge 2.8'deki sayısal değerler dikkate alınarak hazırlanmasına rağmen yapıların hangi koşullarda terk edileceği, hangi koşullarda yıkılacağı ya da hangi koşullarda iyileştirme yoluna gidileceği açık olarak

belirtilmemiştir. Bölüm 3.2.4’de yer alan Etkilenme Değerlendirmesi ve Bölüm 3.2.6 ‘da yer alan Risk Nitelendirmesinde yer alan Denklem 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5’den elde edilen sonuçlardan çözüm seçeneği oluşturulması gereken yeni bir bölümün olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Yapılarda oluşan riskler ya çok yüksek değerdedir, ya çok az değerdedir ve iyileştirmeye gerek yoktur, ya da iyileştirilip sorun azaltılabilecek ya da ortadan kaldırılabilecek değerdedir yargısı oluşmuştur. Bu yargıya göre yeni bir model oluşturulmuş ve bu modelin adımları takip edilerek uygulamaya gidilmiştir.



Şekil 4.1 Risk adımları

Konu, yapının içinde bulunan ya da oluşan kirleticilerin değerlerinin insan sağlığı üzerinde oluşturabileceği riske göre incelenmiş ve yapı içindeki hava kirliliği kaynaklı risk; “kabul edilebilir risk” ve “kabul edilemez risk” olarak tanımlanmıştır. Kabul edilemez risklerde uygulanacak bir iyileştirme çalışması yoktur. Ancak yapı içinde oluşan kirliliğin insan sağlığını olumsuz yönde etkilememesi için, yapı ya terk edilir ya da yıılır. Kabul edilebilir riskler kendi içinde “önemsiz riskler” ve “yönetilebilir riskler” olarak ikiye ayrılır. Önemsiz riskler bir uygulama yapılmasına gerek duyulmayan risklerdir. Yönetilebilir riskler ise iyileştirme yapılarak risk faktörü ortadan kaldırılabilen ya da azaltılabilen riskler olarak belirtilmiştir.

4.1 Risk Sınıflandırılması

Bölüm 3.1’de risk ölçütlerinin çeşitli şekillerde yapılan sınıflandırmalarda değerlendirilmiştir. Yapı içi hava kirleticilerinin riskleri kabul edilebilir ve kabul edilemez değerlerde

incelenmiştir.

4.1.1 Kabul Edilemeyen Risk Ölçütleri

Her risk grubunda olduğu gibi yapı içi hava kirleticilerinde de kabul edilemez risk ölçütleri vardır. Bu tür risklerde alınacak önlemler, yapı kullanıcı için risk faktörünü ortadan kaldırmaz. Bu nedenle yapının durumuna, işin maliyetine göre değerlendirme yapılarak yapı ya terk edilir ya da yıkılır.

Sınır değerleri ve verildikleri aralıklar ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Sınır değerlerini belirten çalışma Çizelge 2.8’de verilmiştir. Verilen değerler genel olarak her insan için kabul edilemez derecede olan ölçütlerdir.

4.1.1.1 Kabul Edilemeyen Risklere Karşı Çözüm Seçenekleri

Yapı içi kirleticisi olarak belirlenmiş birçok ürün vardır. Kimi doğal haliyle, kimisi ise içerisine katılan kimyasal maddelerden dolayı kirletici sınıfında yer almaktadır. Bu kirleticiler kaynaklarına göre ele alınıp, Bölüm 2’den başlayarak detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Yapı içi havasına karışarak, havayı ve insan sağlığını olumsuz etkileyen kirlilik kaynağı Çizelge 2.8’de verilen değerlerin çok üstünde değerlerde ise yapıyı iyileştirme yönünde bir çalışma yapılmaz.

Yapının bulunduğu zeminden kaynaklanıyorsa; şartlar gözden geçirilerek değerlendirmeler yapılır ve risk yöneticisi tarafından verilecek kararlar yapı terk edilir. Bu durumda yapının yıkılarak yeniden yapılması çok sağlıklı değildir. Yeniden yapılan yapıda zemin kaynaklı kirleticileri yeniden ortaya çıkabilmektedir. Sadece o yapının bulunduğu zeminden değil belli bir alanda o kirlilik kaynağı var ise bölge tamamıyla terk edilerek kirlilikten etkilenme azaltılmış olur.

Yapı içinde kullanılan üründen kaynaklanan yoğun bir kirliliğin olması durumunda, yapı içindeki elemanların değişmesiyle etkisini azaltmayacak bir yoğunluktaysa, yapının yıkılmasını kararı alınır. Yıkım özel önlemler alınarak gerçekleştirilmelidir. Yapının yıkılmasıyla kirleticiler ortadan kalmaz. Yapı enkazının ortadan kaldırılması ve çevreye zarar vermeyecek şekilde yok edilmesi gerekmektedir. Enkazın ve artıkların üzeri toprakla örtülerek ağaçlandırılmalıdır (Balanlı ve Taygun, 2005). Yapı alanında bir kirletici kaynağı yok ise yıkılan yapının yerine sağlıklı yapı ürünleriyle yenisinin yapılmasında bir sakınca yoktur.

4.1.2 Kabul Edilebilen Riskler

Kabul edilebilen riskler, önlem alınmayacak kadar küçük değerlerde olan “önemsiz riskler” ve alınacak önlemlerle riski azaltacak ya da ortadan kaldırılabilecek olan “yönetilebilir riskler” olarak incelenmiştir. Çizelge 2.8’de verilen değerler kirleticiler için kabul edilebilir sınır değerleri içermektedir. Bu sayısal değerlerin sınırı ve altı kabul edilebilir düzeydeki değerlerdir.

4.1.2.1 Önemsiz Riskler

İnsan yaşamını ve sağlığını, uzun ya da kısa süreli etkilenimlerde rahatsız etmeyen ve herhangi bir önlem almaya gerek duyulmayan risklerdir.

4.1.2.2 Yönetilebilir Riskler

Uzun ya da kısa süreli etkilenimlerde insan sağlığını olumsuz olarak etkileyen ancak alınacak önlem ve yapılacak iyileştirmelerle etkilenimi ortadan kaldırılabilecek ya da azaltılabilecek risklerdir.

4.2 Yönetilebilir Risklere Karşı Çözüm Seçenekleri

Yapı içi kirleticisi olarak belirlenen kirlitciler Bölüm 2’den başlayarak detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Kirleticiler; yapı dışı, yapı içi olarak iki ana başlıkta incelenmiş ve yapı içi kirleticiler, kullanıcı ve ürün kaynaklı kirleticiler olarak ele alınmıştır.

4.2.1 Dış Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Çözüm Seçenekleri

Yapı dışından kaynaklanarak yapı içi havasını kirleten kirleticiler, dış kaynaklı hava kirleticileridir. Yapı dışından gelerek içi ortam havasını bozan kirleticilerin yoğunlukları ve etkileri iyileştirilebilir düzeyde olanlar için çözüm seçenekleri oluşturularak etkileri azaltılmaya çalışılmakta ve böylece dış ortam kaynaklı kirleticiler yapı içinden uzaklaştırılabilmektedir.

Yapı dışındaki kirletici kaynakları endüstri yapıları, trafik, doğa olayları, ısınma ve üretim amacıyla kullanılan yakıtlar, yerleşim alanları, tarım ve hayvancılık kaynaklı olarak özetlemek mümkündür.

Dış kaynaklı hava kirleticilerin etkisini en az hissetmek için, bu kirleticiler ya yapı içine sokulmamalı ve bu yönde önlemler alınmalı ya da yapı içine giren kirletici en kısa sürede yapı dışına çıkartılmalıdır.

Yapı dışındaki kirleticileri yapı içine almamak için;

- Genel olarak şehirleşmeler kademeli yoğunluklar halinde yaparak yapıları; konut, ticari, sanayi vb. yapılar olarak kademeli şekilde oluşturmak ve planlamak,
- Yerleşime açılacak bölgelerdeki doğal kirlilik kaynaklarının (asbest, radon) haritalarla belirlemek [1], doğa olaylarından daha az etkilenmek için yanardağ vb kirliliğr neden olan eteklerin olduğu alanları imara açmamak,



Şekil 4.2 Türkiye'nin asbest haritası [37]; (Balanlı ve Taygun, 2007)

- Yerleşim bölgesi olarak planlanan bölgenin topografik durumuna, hakim rüzgar yönüne, hava akımına vb. şartlara göre planlama yapmak [39] ve yapıları doğru rüzgar yönünde uygun açıklıklar (pencere, kapı) bırakacak şekilde tasarımı yapmak (bir yerde hava kirlenmesinin olmaması için hakim rüzgarların 5 m/sn hızla esmesi gerekmektedir (Ergül, 1990).),
- Sanayi yapılarında yönetmeliklere uygun ürünlerin üretilmesini sağlamak,
- Sanayi yapılarında, baca gazları ile soğutma suyunun sıcaklığından (atık su) yararlanma yoluna gidilmesini sağlamak (Abbott ve Drehmel, 1976),
- Trafikte, ısınmada, üretimde kullanılan yakıtların kaliteli ve standartlarına uygun yakıtlar olmasına dikkat etmek [39; 32]; (Öztürk, 2005) ve her alanda kullanılan yakıtların kükürt miktarının düşürmek (Ergül, 1990),

- Tafiğin ana yollarını, yerleşim alanlarının yoğun olduğu bölgelerden alarak çevre yollara vermek ve insanları toplu taşıma araçlarına yönlendirerek daha az aracın trafiğe çıkması sağlamak [39],
- Trafikteki araçların düzenli olarak egzoz muayenelerinin yaptırılmasını sağlamak [32; 28],
- Trafikte, sanayide, konutlarda, yakıt kullanılan her alanda bacalara, egzozlara vb. kirlilik kaynağının çıkış noktalarına filtre takılmasını sağlamak [32; 39; 28],
- Isınma amaçlı doğal yakıtların (doğalgaz, jeo-termal kaynaklar, biyogaz, elektrik enerjisi vb.) kullanılmasını yaygınlaştırmak (Önel, 1978),
- Tarım ve hayvancılıkta kimyasal ürünlerden kaçınarak (Bal, 2006), doğal ürünler kullanmaya yönelmek (Eraslan ve Şelli, 2006),
- Dış kaynaklı hava kirliliğini azaltabilmek için yapılaşma yerine yeşil bitki örtüsüne önem vermek [39; 28] ve yerleşim alanları oluştururken çukurlaşmış sağlıklı öğeler yerine sürekli bir yeşil doku içinde, yeşil alan uygulaması yapmak (Önel, 1978),
- Yapılarda kullanılan kapı ve pencerelerin bakımlarının sıklıkla yapmak ve pencere contalarının sıklıkla değiştirmek,

Yapı içine giren kirleticiyi yapı içinden uzaklaştırmak için;

Kirleticinin yapı içine girmesinin engellenemediği durumlar vardır. Bu durumda, kirleticiyi yapı içinde fazla tutmamak için bir an önce uzaklaştırmak gerekmektedir.

- Dış ortam havasından gelen kirleticiyi şartlar düzelince, bol bol ve sık yapılan doğal havalandırma ile iç ortamdan uzaklaştırmak,
- Yapı içi havasını temizlemek için hava temizleyiciler kullanmak,
- Doğal havalandırma yapılan pencere ve kapılara hava filtreleri takmak,
- Kullanılan filtreleri sık sık değiştirmek,
- Yapı içi havasında radon gibi yerleşim yeri kaynaklı kirleticisi var ise, radon toprak boyunca yükselir ve binanın altında hapsolür. Hapsolan bu gazlar, basınç oluşturur. Evlerdeki hava basıncı genelde topraktaki basınçtan daha düşüktür. Binanın altındaki bu yüksek basınç nedeniyle gazlar yerden ve duvarlardan, daha çok çatlak ve

boşluklardan, bina içlerine sızır [24]. Soğuk havalarda evlerin ısıtılması sonucu evdeki basınç az ve dışarıdaki basınç fazla olur ve bu nedenle yapı içindeki radon oranı yükselir. Aynı durum rüzgarlı havalar için de geçerli olduğundan radon oranı yapı içinde artmaktadır. Yaz aylarında, iyi havalandırılmış işyeri ve evlerde dışarı ile basınç farkı daha az olduğundan ortamdaki radon seviyesi azalmaktadır [13]. Ters basınç yaparak evdeki radon yoğunluğu azaltılması sağlamak,

- Radonlu bölgelerde yapılan binaların, özellikle bodrum katlarının toprakla yalıtımı iyi yapılması gerekmektedir [45]. 20 yıldan eski olan evlerde radon düzeyi yüksek olabileceğinden, çatlakların kapatılması, yalıtımının sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir. Mantolama ve yalıtım yaparak zeminden gelen radonun azalmasını sağlamak uygulanabilecek çözüm seçeneklerindendir.

4.2.2 Yapının İçinden Kaynaklanan Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Çözüm Seçenekleri

Yapı içinden kaynaklanarak iç ortam havasını olumsuz etkileyen kirleticiler kullanıcının eylemlerinden ve yapı içinde kullanılan üründen kaynaklanan kirleticiler olarak çözüm seçenekleri oluşturmak mümkündür.

4.2.2.1 Kullanıcı Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Çözüm Seçenekleri

Yapı içinde kişinin biyolojik, fizyolojik, mesleki vb. eylemlerinden ve hobilerinden oluşan kirleticilerle kirlilik oluşabilmektedir. Bu kirleticilerden mesleki, hobi vb. eylemler sonucu oluşan kirleticiler engellenebilir ya da azaltılabilirken, kişinin biyolojik ve fizyolojik eylemleri sonucunda oluşan kirleticiler engellenemez ancak etkileri azaltılabilir.

Yapı içinde kullanıcı eylemlerinden oluşan kirliliği önlemek için;

- Sigara kullanımında, aktif içiciler kadar pasif içicileri de olumsuz etkilenmektedir (Dizayn Konstrüksiyon, 2001). Bunun için yapı içinde sigara kullanımını yasaklamak ve uymayanlara ağır cezalar uygulamak,
- Yapı içinde oluşabilecek yangınlara karşı, yapı içlerinde kolay yanabilen, yangını ve ısıyı kolay ileten ürünlerin kullanmamak ve oluşan yangından en az etkilenmek için yapı içinde yangın alarm sistemini kurmak,
- Yapı içinde yanma araçlarının kullanıldığı mekânların (mutfak, banyo vb.) alanlarını m² olarak çok küçük tasarlamamak, kullanılan mekânların doğal havalandırma

yapılabileceği, temiz havanın girebileceği kapı, pencere vb. bölümler oluşturmak,

- Yapı içinde az dumanlı ya da dumansız yakıtların seçilmesine özen göstermek ve soba kullanılan alanlarda boruları gereğinden fazla uzatmamak,
- Mekanlar tasarlanırken kullanıcı sayısı, ortamda kullanılan malzemeler, mobilyalar, halılar, sigara içme oranı, dış hava kalitesi vb. faktörler ele alınarak hesaplamalar yapmak (TSE 'ne göre ortamda çalışan kişiler açısından en iyi havalandırma debileri; sigara içilmeyen ortamda 10lt/sn., %20 sigara içilen ortamda 14 lt/sn. ,%40 sigara içilen ortamda 30 lt/sn. 'dir (Kaya, 2003).),
- Yapı içinde mümkün olduğu kadar spreylere, oda ve vücut parfümleri, deodorantlar yani yapı içi havasının doğal dengesini bozan ürünler kullanmamak,
- VOC bakımından zengin temizlik ürünlerinin kullanımından kaçınmak bu ürünlerin yerine klorsuz çamaşır sodası, sirke, karbonat, bitkisel yağ içeren sabunlar, boraks vb. doğal temizlik ürünlerini kullanmak,
- Mesleki uğraşlardan ya da hobilerden kaynaklanan yapı içi kirlilikleri vardır. Bunlar kesme, yapıştırma, boyama vb. eylemlerden kaynaklanan kirlleticilerdir. Yapı içinde eylemin gerçekleştiği bölümü, diğer bölümlerden ayrı olarak tasarlamak ve dışarıya bakan doğal havalandırma ortamları bulundurmak,
- Canlıların biyolojik ve fizyolojik eylemleri sonucunda ortama katılmasıyla ortam havası kirlenmektedir. Bu kirliliği azaltmak için, yapılar mümkün olduğu kadar bol güneş görecektir ve doğal havalandırmanın yapılabileceği şekilde tasarımlar yapmak, özellikle konutlarda yatak odalarının her gün birkaç saat güneş ışını almasını sağlamak [27],
- Ev işlerinin vazgeçilmez yardımcısı olan elektrik süpürgeleri aslında örneği az bulunur birer hava kirleticileridir. Elektrik süpürgesinin emme gücü, kirlenmiş havayı, filtre torbasının mikroskobik deliklerinden dışarı püskürtür ve böylece nefes alınan havayı önemli ölçüde kirletir. Bu nedenle elektrik süpürgeleri, organizma kaynaklı önemli bir tehlikedir. Kısmi çözüm olarak mekân temizliğinde ince toz filtreli elektrik süpürgeler kullanmak gereklidir (Dizayn Konstrüksiyon, 2001).

Yapı içi havasına karıştığında kirleticiyi yapı içinden uzaklaştırmak için;

- Kapı, pencere vb. açıklıklardan doğal havalandırma yapmak,

- Doğal havalandırmanın yetmediği durumlarda yapay havalandırma sistemleri ve hava temizleyiciler kullanmak ve bu sistemlerde kullanılan filtrelerin bakımlarını düzenli olarak yaparak, filtrelerini sık sık değiştirmek ve özellikle mutfaklarda yemek pişirme sırasında aspiratör kullanmak ve aspiratörlerin yemek pişirmekten dolayı oluşan hava kirliliğini azaltmak için doğru mesafelerde uygulama yapmak,
- Doğal havalandırma yapmanın yetmediği durumlarda, iç ortamdaki kirliliği azaltmak için yeşil bitkiler bulundurmak (en önemli bitkilerden bir tanesi, büyük yapraklı oda ıhlamuru ve Bio Air Clean filtre sistemli hidro kültürde yetiştirilen yeşil bitkiler dir),
- Aeroseller ve püskürtücüler kullanımından kaçınmak gerekmektedir. Kullanıldığı zamanlarda bu ürünlerde mantar, bakteri vb. organizmalar kolayca üreyebileceğinden dikkat etmek, bunun için suyun her gün değiştirmek ve kullanım suyunun içerisine katkı maddesi olarak deterjan koymak (Dizayn Konstrüksiyon, 2001),
- Yapı içinde temizlik yapıldıktan ve kimyasal katkılı temizlik ürünleri kullanılması zorunlu olan durumlarda ürün kullandıktan sonra yüzeyi bol su ile silmek ve ortamı havalandırmak,
- Mesleki eylem ve hobileri gerçekleştirirken oluşan kirleticilerin özelliklerine göre gaz veya toz, filtreleri seçmek gereklidir.

4.2.2.2 Ürün Kaynaklı Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Çözüm Seçenekleri

Yapı içinde kullanılan yalıtımdan, mobilyaya, iklimlendirme sisteminden yapıştırıcıya kadar birçok üründen kirlilik kaynaklanabilmektedir.

Yapı içine ürün gelmeden kirliliği önlemek için;

- Yapı içinde kullanılan her türlü ürünün doğal, katkısız ve özellikle TS'na uygun olmasına özen göstermek, insanları yapı içi hava kirleticileri ve doğru ürün kullnımı konusunda bilgilendirmek,
- Asbestli ürün üretimi yapan sanayi alanlarında çalışanların özel kıyafetlerle çalışmasını sağlamak ve kullanılan kıyafetlerle başka yapılara gidilmesini engellemek (Balanlı ve Taygun, 2005),
- Yapı içinde kullanılan ürünlerin nerelerden elde edildiğini bilmek, asbest ve radon haritaları çıkartarak asbest ve radon bulunan bölgelerden gelen ürünleri yapı içinde

kullanmamak,

- Yapı içinde bir çok alanda kullanılan asbestin, formaldehitin, benzenin vb. kirleticilerin sınırlanması, yasaklanması ve yaygın olarak kullanımının önlenmesi için yerini alabilecek alternatif ürünler geliştirmek (Ek, 1995),
- Yapı içindeki kullanılan eşyaları ve donanımları toz tutmayan, kolay temizlenebilen ürünlerden tercih etmek,
- Yapı içinde kullanılan araç- gereçleri yerleştirilirken bilinçli hareket etmek; büro, ofis vb. yapılarda sıklıkla kullanılan ofis araçları ortam havasını kirlettiğinden, araçları mümkün olduğu kadar kullanıcının yoğun olduğu alanlara yerleştirmemek ve doğal havalandırma yapılabilecek ortamlarda bulundurulmasını sağlamak,
- Üretim aşamasında; formaldehit / üre oranını 1,8'den 1,2–1,3 oranına düşürmekle formaldehitin ayrışması önemli ölçüde azaltmaktadır (Ek, 1995). Ayrışmasını önlemek için, üre formaldehit ile fenol formaldehit ve isossiyanat bileşiklerinin karışım halinde kullanmak,
- Benzen yerine; doymuş siklik hidrokarbonları, örneğin sikloheksanı kullanmak, toluen ve xilen gibi benzenin homologlarını, alifatik hidrokarbonları; hexas veya heptan, içerisinde az miktarda toluen olan solvent nafta, ayrıca alternatif eriticiler olarak; keton, ester, etilen, gibi maddeleri kullanmak (Ek, 1995),
- Yapı içlerinde kullanılan yer kaplama ürünlerinin çok gözenekli olmamasına dikkat edilmelidir. Gözenekli ürünler çok iyi temizlenemediği için bakteri, mikrop vb. organizmaların hızla çoğalmasına neden olmaktadır. Yapı içlerinde kaplama ürünü olarak duvardan duvara halıları, özellikle iş yerleri, bürolar vb. yapılarda organizma kaynaklı hastalıkların oluşmaması için tercih etmemek, yeni halıların ve yumuşak döşemelerin kapalı ortamlara yerleştirilmeden önce, uçucu maddelerinden temizlenerek kullanılmasını sağlamak [27],
- Hastaneler, ofis binaları, okullar, spor merkezleri ve koridorlar gibi, uzun süreli mukavemete uygun ve çabuk kirlenen, kullanımı yoğun alanlarda PVC ve kanserojen madde içermeyen, yangına dayanıklı ve yanma sırasında zehirli gaz çıkarmayan kauçuk vb. ürünleri zemin kaplamalarında tercih etmek,

- Boya, cila, vernik vb. kaplama ürünleri birçok kirletici içermektedir. Bu ürünler oluşturulurken sınır değerleri geçilmeyecek şekilde üretimlerinin yapılmasına dikkat etmek ve koruyucu olarak kullanılması gerekli olan durumlarda yapının dış yüzeyinde kullanılması tercih etmek gereklidir.

Yapı içine giren ürünün oluşturduğu kirliliği önlemek için;

- Asbest, radon vb. kirleticilerin kullanılan yapılarda düzenli olarak ölçümler yapmak,
- Yapı içinde asbest, radon, formaldehit kullanılan bölümlerde sık sık havalandırma yapmak ve yapı içindeki yoğunluklarının düşürülmesi sağlamak gereklidir. Bunun için yapılan aralıklı havalandırma (Ek, 1995; Kurtoğlu,1985) yapmak yerine, sürekli havalandırma yapmayı tercih etmek (Dizayn Konstrüksiyon, 2001); [45],
- Doğal havalandırmanın yeterli olmadığı durumlarda özellikle mutfaklarda yemek pişirme sırasında aspiratör, çok katlı binalarda hava temizleyicilerin kullanılmasına özen göstermek, yapı içinde kullanılan bütün merkezi havalandırma ve iklimlendirme sistemlerini, mekanın özelliklerine göre belirlenmiş verimliliğe sahip filtreler ile donatmak [3], havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin bakımlarını sık sık yapmak [27] gereklidir.
- Yapı içinde radonlu ürün kullanılmışsa o yapı ürün değiştirilebilir nitelikte ise değişmek, yerine daha sağlıklı bir ürün kullanmak; değiştirilemiyorsa hava akımı ile radonun yoğunluğunu azaltmak,
- Yapı içinde asbestli ürün kullanılmışsa o yapı gerecinin parçalanarak liflerine ayrışması önlemek; bunun için asbestli ürünün üzerini başka bir ürün ile (kaplama, boya, vb.) kapatmak (Balanlı ve Taygun, 2005), dış etkilere korumak ve direk etkilenimi ortadan kaldırma vb. işlemleri yapmak,
- Yapı içindeki uçucu organik bileşiklerin ayrışmasının önlenmesiyle etkisinin azaltılması sağlanmış olur. Uçucu organik bileşiklerin ayrışmasını önlemek için formaldehiti bağlayıcı özellikte aktif maddeler içeren yüzey işleme sistemleri uygulamak, dekoratif vinil kaplama maddesi sürerek dış yüzeylerdeki tüm gözenekleri kapatmak (Ek, 1995; Kurtoğlu,1985) gereklidir.
- Amonyak ile gazlandırma yapılarak ve amonyak ayrıştıran amonyum karbonat gibi bileşikler havanın iyileştirilmesini, temizlenmesini ve formaldehitten arıtılmasını

sağlamaktadır. Bu bileşikler düşük dozlarda uzun süre formaldehiti bağlamakta, böylece devamlı etki sağlanmaktadır. Özel durumlarda amonyaklı gazlamanın tekrarlayarak formaldehitin etkisini azaltmak,

- Mobilyalar, ahşap ürünlerin içerisinde oluşan kurt, küf, mantar gibi organizmaların oluşmasına neden olan ürünlerdendir. Bunları engellemek için kullanılan kimyasal maddeler de organizmaları yok ederken başka yapı içi hava kirleticileri olarak yapı içi havasına katılmaktadır. Bu tür yapı içi hava kirleticilerinin artmaması için, rutubeti önlenmek ve yapıyı bol bol havalandırmek gereklidir.
- Yapılarda yalıtımın doğru uygulanamamasıyla, yapı içindeki nem oranı artmakta ve küflenme meydana gelmektedir. Organizmalardan kaynaklanan kirlilik yapı içinde oluşmakta ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle özellikle kuzey cephelerde, üst ve alt katlarda yalıtımların iyi yapılması gerekmektedir (Appleby, 1996). Küflenme, rutubetlenme vb. olaylarda rutubet önleyici boyalar kullanmak önemli yarar sağlamaktadır.
- Yapı içlerinde kullanılan duvar kağıtlarının nemlenmesi halinde mantar ile kötü koku oluşmasına ve yapı içi havasının kirlenmesine neden olmaktadır. Duvar kağıtlarının yerine başka kaplama ürünlerinin kullanılmasını sağlamak, kullanımının zorunlu olması durumunda ıslak temizlememek yapı içi havası için önemlidir.
- Ahşap kaplama ürünlerinin kullanıldığı ortamın nem miktarına dikkat edilmelidir. Nem oranı yüksek olan mekânlarda kullanılan ahşap ürünlerde mantar, kurt vb. organizmalar oluşmakta ve ortamın havasına karışmaktadır. Ahşabın hem uzun ömürlü olabilmesi için he de ahşapta oluşan organizmaların yapı içi havasına karışmaması için koruyucular kullanılmalıdır. Kullanılan kimyasal katkıları yerine kullanılacak alanını özelliğine göre, balmumu ile kaplanma tercih etmek (Dizayn Konstrüksiyon, 2001),
- PVC doğramalarda, yer döşemelerinde, kaplamalarda, mobilyalarda da kullanılan bir üründür ve ısınınca bulunduğu ortamın havasına zehirli hidrojen klorür gazı yaymaktadır. PVC konusunda insanlar bilgilendirilmeli (Balanlı ve Taygun, 2002) ve PVC'nin üretimini sınırlayarak yerine, alüminyum, cam, kil, seramik ve yer müşambası gibi malzemelerin kullanmak gereklidir.
- Yapı içi havasına zehirli gazlar karıştıran diğer bir araç da bilgisayarlardır. Bilgisayarların içinde bulunan parçaların yapımında kullanılan ürünler, özellikle uzun

süre kullanılan bilgisayarlarda ortama ozon başta olmak üzere, kurşun, civa vb. ürünlerin ortam havasına karışmasına neden olmaktadır. Ortamda bilgisayar başında çalışanların çalışma saatleri vardiyalı olarak düzenlenmesi ve bilgisayarların her altı ayda bir sağlıklı bilgisayar ve elektronik donanım temizleyicileri tarafından temizlenmesi gerekmektedir [27].

- Elektronik araçlar iç mekânlarda yerleştirilirken ürünlerin güneş ile temas etmesi mümkün olduğunca engellenmelidir. Yoğunluğu çok fazla olmamasına rağmen güneş ile teması halinde, kullanılan elektronik araçların yapımında kullanılan PVC ve plastik esaslı ürünler güneş ile yoğun olarak temas ettiğinde ortama zehirli gazlar katarak yapı içi hava kirleticisi olabilmektedir.

Çizelge 4.1,'de kaynaklarına göre kirleticiler belirlenmiş ve çözüm seçenekleri oluşturulmuştur.

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER				ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER		
YAP DIŞI KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Doğa Olayları	Şimşek	Azot oksitler	Pencere, kapı vb. açıklıkların contalarının yenilemek ve bakımlarını yapmak,
		Volkan	Azot oksitler	Yerleşim yerlerini yanardağ eteklerine yapılmasına izin vermemek, Pencere, kapı vb. açıklıkların contalarını yenilemek ve bakımlarını yaptırmak,
			Karbon dioksit	
			Karbon monoksit	
			Kükürt dioksit	
			Metan	
	Deprem	Metan	-	
	Yerleşim yeri kaynaklı (taş, toprak, su vb.)	Asbest	Asbest haritaları oluşturmak, İmar planları hazırlanmadan bu haritalardan yararlanmak, bu alanları imara açmamak, Doğal havalandırma yapmak, Asbest oranı yüksek ise ve iyileştirme yapılamıyorsa, yapıyı terk etmek,	
		Radon	Radon haritaları oluşturmak, İmar planları hazırlanmadan bu haritalardan yararlanmak, Doğal havalandırma yapmak, Zeminden kaynaklanan radon için mantoloma yaptırmak, Radon için ters basınç sistemi oluşturmak,	

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER			ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER	
YAP DIŞI KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Sanayi tesisleri	Aslı parçacıklar	Yoğun yerleşim alanlarından sanayi yapılarını uzak tutmak, Bacalara filtre takmak ve sık sık bakımlarını yaptırmak,
		Karbon dioksit	
		Karbon monoksit	
		Kükürt dioksit	
		Ozon	
		Asbest	Yoğun yerleşim alanlarından sanayi yapılarını uzak tutulmak, Bacalara filtre takılmak ve sık sık bakımlarını yaptırmak, Sanayi alanında kullanımlarını yasaklamak, Ürünlerde kullanımının yasa ve yönetmeliklerle kontrol altına almak, Yerine alternatif ürün geliştirilerek kullanmak,
		Benzen	
		Formaldehit	
	Trafik (taşıtlar)	Azot oksitler	Trafığı, yoğun yerleşim yerlerinden alınarak çevre yollara vermek, İnsanların toplu taşıma araçlarına yönlendirmek, Araçların egzozlarına filtre takılmasını ve sıklıkla muayenesinin yaptırılmasını sağlamak, Taşıtlarda, TS kalitesinde yakıt kullanılmasını sağlamak, Yakıt depoların yetkili kişilerce kontrollerini yaptırmak, Kapı ve pencerelerinin bakımını yaptırmak, Pencere contalarının sıklıkla değiştirmek,
		Formaldehit	
		Karbon dioksit	
		Karbon monoksit	
		Ozon	
	Petrol ve türevlerinin kullanımı (Isınma amaçlı)	Aslı parçacıklar	Kaliteli yakıtlar kullanmak, Bacalara filtre takılmasını ve sık sık bakımlarının yaptırılmasını sağlamak, Kapı ve pencerelerinin bakımının yaptırmak, Pencere contalarının sıklıkla değiştirmek, Doğal havalandırmanın mümkün ve yeterli olmadığı durumlarda hava temizleyiciler kullanmak, Yapılarda bulunan açıklıkları hâkim rüzgâr yönü dikkate alarak tasarlamak,
		Azot oksitler	
		Formaldehit	
		Karbon dioksit	
		Karbon monoksit	
		Kükürt dioksit	

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR RİSKLER			ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER	
YAPIDİŞİ KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Yangın	Asılı parçacıklar	Yangın alarm sistemleri oluşturmak, Doğal havalandırma yapmak,
		Karbon dioksit	
		Karbon monoksit	
	Tarım ve hayvancılık	Azot oksitler	İnsanları doğal tarım ve hayvancılığa yönlendirmek ve bu konuda bilinçlendirmek,
	Bitki polenleri	Organizmalar	Doğal ve yapay havalandırma yapmak, Polen filtreleri kullanmak ve bakımlarını yapmak,
KULLANICI KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Canlının fizyolojik eylemleri (deri-saç dökme, idrar, terleme, tırnak kesme, öksürme)	Amonyak	Doğal havalandırma yapmak, Doğal havalandırmanın yetersiz kalması durumunda hava temizleyiciler kullanmak, Mekânları sıkça temizlemek, Tasarımları yapı içlerinin güneş göreceği şekilde yapmak,
		Organizmalar	
		Su buharı	
		Vücut gazları	
	Canlının biyolojik eylemleri canlı solunumu (bitki, insan, hayvan)	Karbon dioksit	Doğal havalandırma yapmak, Doğal havalandırmanın yetersiz kalması durumunda hava temizleyiciler kullanmak, Gündüzleri, ortam havasının temizlenmesi için yeşil bitkileri mekân içinde yerleştirmek, geceleri ortamdan uzaklaştırmak,
		Organizmalar	
	Sigara kullanımı	Asılı parçacıklar	Sigara kullanımını yasaklamak, Doğal havalandırma yapmak, Doğal havalandırmanın yetersiz kalması durumunda hava temizleyiciler kullanmak,
		Azot oksitler	
		Formaldehit	
		Karbon dioksit	
		Karbon monoksit	
	Yangın	Asılı parçacıklar	Yangın alarm sistemleri oluşturmak, Doğal havalandırma yapmak, Mümkün olduğu kadar yanmaya dayanıklı ürünler kullanmak
		Azot oksitler	
		Formaldehit	
		Karbon dioksit	
		Karbon monoksit	

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER			ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER	
KULLANICI KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Yemek pişirme ve ısınma	Asılı parçacıklar	Doğal havalandırma yapmak, Doğal havalandırmanın yetersiz kalması durumunda hava temizleyiciler ve aspiratörler kullanmak, Isıtıcının ya da ocağın gaz sızdırmamasına dikkat etmek, düzenli kontrollerini yaparak bacaların temiz olmasını sağlamak,
		Azot oksitler	
		Karbon dioksit	
		Karbon monoksit	
		Kükürt dioksit	
		Organizmalar	
	Bitki ve hayvan yetiştirme	Karbon dioksit	Doğal havalandırma yapmak, Doğal havalandırmanın yetersiz kalması durumunda hava temizleyiciler kullanmak,
		Organizmalar	
	Mesteki İş	Kesme	Ayrı bir çalışma alanı oluşturmak, Doğal havalandırma ve yetmediği durumlarda hava temizleyiciler kullanmak, Özellikle VOC (formaldehit) içermeyen ürünler kullanmak,
		Kopyalama	
		Yapıştırma	
	Temizlik	Süpürme	Havaya toz karıştırmayan vakumlu makineler kullanmak, Süpürme işleminden sonra yapı bol bol havalandırmak, Toz tutmayan, kolay temizlenebilir eşyalar kullanılmak, Doğal temizleyiciler kullanmak, Temizlenen yerler bol su ile durulamak, Temizlik işleminden sonra yapı bol bol havalandırmak,
		Temizlik ürünleri	
		Formaldehit	
	Makyaj	Formaldehit	Doğal havalandırma yapılacak alanlarda makyaj yapmak ve yapıyı havalandırmak, Mümkün olduğu kadar doğal ürünler kullanmak,
ÜRÜN KAY. KİRLETİCİLER	Tuğla	Radon	Radon haritaları oluşturularak, radonlu bölgeden üretilen ürün kullanımını yasaklamak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Bol doğal havalandırma yapmak, Yapı içinde radonlu ürün tespit edilip değiştirilebilir özellikte ise değiştirmek, Sık sık radon ölçümleri yaptırılıp radon seviyesi kontrol altına almak,

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER			ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER	
ÜRÜN KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Duvar elemanları	Taş	Radon haritaları oluşturularak, radonlu bölgeden üretilen ürün kullanımını yasaklamak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Bol doğal havalandırma yapmak, Yapı içinde radonlu ürün tespit edilip değiştirilebilir özellikte ise değiştirmek, Sık sık radon ölçümleri yaptırılıp radon seviyesi kontrol altına almak,
		Alçı blok	Asbestli ürün kullanımını yasaklamak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Yapı içinde mevcut asbest var ise dokunulmadan uygun bir ürün ile kapatmak, Asbestli ürünün parçalanarak liflerine ayrılmasını önlemek, Asbest yerine kullanılacak alternatif ürünler geliştirilmek, Bol doğal havalandırma yapmak,
			Radon haritaları oluşturularak, radonlu bölgeden üretilen ürün kullanımını yasaklamak, TS standartlarında ürünler kullanılmak, Bol doğal havalandırma yapılmak, Yapı içinde radonlu ürün tespit edilip değiştirilebilir özellikte ise değiştirmek, Yapı içinde ölçümler yaptırarak radon seviyesini kontrol altına almak,
			VOC Bol doğal havalandırma yapmak, Yapı içinde standartlarda ürün kullanılmak, Üretimi kontrol altına alınmak, Yerlerine kullanılacak ürün geliştirilmek,
	Beton	Asbest	Asbest kullanımını yasaklamak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Yapı içinde mevcut asbest var ise dokunulmadan uygun bir ürün ile kapatmak, Asbestin parçalanarak liflerinin havaya dağılmasını önlemek, Bol doğal havalandırma yapmak,

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER				ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER		
ÜRÜN KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Duvar elemanları	Beton	Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit bağlayıcılar kullanılarak, iç mekâna yayılması engellenmek, bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak,
			Radon	Radon haritaları oluşturularak, radonlu bölgeden üretilen ürün kullanımını yasaklamak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Bol doğal havalandırma yapmak, Yapı içinde radonlu ürün tespit edilip değiştirilebilir özellikte ise değiştirmek, Sık sk radon ölçümleri yaptırılıp radon seviyesi kontrol altına almak,
	Kaplama ürünleri	Alçı Levha	Asbest	Asbest kullanımını yasaklamak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Yapı içinde mevcut asbest var ise dokunulmadan uygun bir ürün ile kapatmak, Asbestin parçalanmasını önlemek, Bol doğal havalandırma yapmak,
			Radon	Radon haritaları oluşturularak, radonlu bölgeden üretilen ürün kullanımını yasaklamak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Bol doğal havalandırma yapmak, Yapı içinde radonlu ürün tespit edilip değiştirilebilir özellikte ise değiştirmek, Sık sk radon ölçümleri yaptırılıp radon seviyesi kontrol altına almak,
			VOC	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmek,
			Sıva	Asbest

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER				ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER		
ÜRÜN KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Kaplama ürünleri	Sıva	Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit bağlayıcılar kullanılarak, iç mekâna yayılması engellemek, bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak,
			VOC	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmek,
		Boya, cila, vernik	Asbest	Asbest kullanımını yasaklamak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Yapı içinde mevcut asbest var ise dokunulmadan uygun bir ürün ile kapatmak, Asbestin parçalanarak liflerinin havaya dağılmasını önlemek, Bol doğal havalandırma yapmak,
			Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit bağlayıcılar kullanarak, iç mekâna yayılması engellemek ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak, Amonyum karbonat ile gazlandırma yaparak formaldehiti bağlamak, Dış yüzeylere dekoratif vinil kaplama sürülerek formaldehitin ayrışmasını önlemek, Formaldehit oranını 1.8’den 1.2’ye düşürmek,
			VOC	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmek,
		Yapay ahşap	Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit içermeyen ürünler tercih etmek, Amonyum karbonat ile gazlandırma yaparak formaldehiti bağlamak, Dış yüzeylere dekoratif vinil kaplama sürülerek formaldehitin ayrışmasını önlemek,

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER				ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER		
ÜRÜN KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Kaplama ürünleri	Yapay ahşap	Karbon monoksit	Yanma sonucunda açığa çıkar, bu nedenle yanmasını engelleyen ürünler kullanmak, Bol doğal havalandırma yapmak,
			Organizmalar	İçerisinde kurt vb. organizmaların oluşmaması için koruyucular kullanmak, Sıklıkla bakımı yaptırmak, Eskiyen, yıpranmış olan ürünler değiştirmek,
			VOC	TS standartlarında ürünler kullanmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmek, Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmek,
		Duvar kağıdı	Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapılmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit bağlayıcılar kullanarak, iç mekâna yayılması engellemek ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak,
			Karbon monoksit	Yanma sonucunda açığa çıkar, bu nedenle yanmasını engelleyen ürünler kullanmak, Bol doğal havalandırma yapmak,
			Organizmalar	Bol havalandırma yapmak, Mümkün olduğu kadar ıslak temizlik yapmamak, Duvar kâğıdından kaynaklanan kirlilik için kâğıdı kaldırarak başka bir kaplama ürünü kullanmak,
			VOC	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmemek,
		Taş	Radon	Radon haritaları oluşturularak, radonlu bölgeden üretilen ürün kullanımını yasaklanmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Bol doğal havalandırma yapmak, Yapı içinde radonlu ürünü değiştirilmek, Sık sık radon ölçümleri yaptırmak ve radon seviyesini kontrol altına almak,

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER				ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER		
ÜRÜN KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Kaplama ürünleri	Halı	Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit bağlayıcılar kullanarak, iç mekâna yayılması engellemek ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak,
			Organizmalar	Bol havalandırma yapmak, Mümkün olduğu kadar ıslak temizlik yapmamak, Mümkünse başka bir kaplama ürünü kullanmak, Duvardan duvara halı döşememek,
			VOC	Bol doğal havalandırma yapılmak, TS standartlarında ürünler kullanılmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmek,
		PVC	Benzen	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanılmak, Formaldehit ve benzen içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit ve benzen ayrıştırıcılar kullanarak, iç mekâna yayılması engellemek ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak, Formaldehit oranını 1.8’den 1.2’ye düşürmek,
			Formaldehit	
			Karbon dioksit	Yanma sonucunda açığa çıkar, bu nedenle yanmasını engelleyen ürünler kullanmak, Bol doğal havalandırma yapmak,
			Karbon monoksit	
			VOC	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmek,
		Yapay ahşap	Benzen	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit ve benzen içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit ve benzen ayrıştırıcılar kullanarak, iç mekâna yayılması engellemek ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak, Amonyum karbonat ile gazlandırma yaparak formaldehiti bağlamak, Dış yüzeylere dekoratif vinil kaplama sürülerek formaldehitin ayrışmasını önlemek,
			Formaldehit	

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER				ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER		
ÜRÜN KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Kaplama Ürünleri	Yapay ahşap	Karbon monoksit	Yanma sonucunda açığa çıkar, bu nedenle yanmasını engelleyen ürünler kullanmak, Bol doğal havalandırma yapmak,
	Doğrama Kaynaklı	PVC	Benzen	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit ve benzen içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit ve benzen ayrıştırıcılar kullanarak, iç mekâna yayılması engellemek ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak, Formaldehit oranını 1.8’den 1.2’ye düşürmek,
			Formaldehit	
			Karbon dioksit	Yanma sonucunda açığa çıkar, bu nedenle yanmasını engelleyen ürünler kullanmak, Bol doğal havalandırma yapmak,
			Karbon monoksit	
			VOC	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmek,
	Yalıtımlar		Asbest	Asbest kullanımını yasaklamak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Yapı içinde mevcut asbest var ise dokunulmadan uygun bir ürün ile kapatmak, Asbestin parçalanarak liflerinin havaya dağılmasını önlemek, Bol doğal havalandırma yapmak,
			Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit ayrıştırıcılar kullanarak, iç mekâna yayılması engellemek ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak, Formaldehit oranını 1.8’den 1.2’ye düşürmek,
			VOC	Bol doğal havalandırma yapmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmek,

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER			ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER	
ÜRÜN KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Yapıştırıcı	Asbest	Asbest kullanımını yasaklanmalı, TS standartlarında ürünler kullanılmalı, Yapı içinde mevcut asbest var ise dokunulmadan uygun bir ürün ile kapatılmalı, Asbestin parçalanarak liflerinin havaya dağılmasını önlemek, Bol doğal havalandırma yapılmalı,
		Benzen	Bol doğal havalandırma yapılmak,
		Formaldehit	TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit ve benzen içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit ve benzen bağlayıcılar kullanarak, iç mekâna yayılması engellemek ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak, Formaldehit oranını 1.8'den 1.2'ye düşürmek, Amonyum karbonat ile gazlandırma yaparak formaldehiti bağlamak, Dış yüzeylere dekoratif vinil kaplama sürülerek formaldehitin ayrışmasını önlemek,
		VOC	Bol doğal havalandırma yapılmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, VOC içermeyen ürünler tercih etmek,
	Sıcak-soğuk su sistemleri	Asbest	Asbest içeren ürün kullanmamak, Asbestin parçalanarak liflerinin havaya dağılmasını önlemek,
		Organizmalar	Sistemin bakımının sürekli yaptırmak, İlaçlama ve temizleme işlemlerinin düzenli olarak yapmak, Su depo, tankları, su kuleleri vb. yerlerin bakımlarını yapmak,
		Radon	Radonlu bölgeden su almamak,
	İklimlendirme sistemleri	Organizmalar	Filtrelerinin bakımını düzenli olarak yapmak, Polen vb. filtreler yerleştirmek,
		Formaldehit	Filtrelerinin bakımını düzenli olarak yapmak
		VOC	
		Ozon	Güneşe temas eden yerlerden uzak tutmak,

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER			ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ	
KAYNAKLAR		KİRLETİCİLER		
ÜRÜN KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Pişirme ve ısıtma araçları	Azot oksit	Bol doğal havalandırma yapmak, Havalandırmanın yetmediği yerlerde aspiratörler ve hava temizleyicileri kullanmak, Aracın gaz kaçırıp kaçırmadığı kontrol etmek ve tıkanmalara karşı bakımlarını yapmak,	
		Karbon dioksit		
		Karbon monoksit		
		Kükürt dioksit		
		Asbest	Asbest içeren ürün kullanmamak,	
		Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapmak,	
		VOC	Bol doğal havalandırma yapmak,	
	Ofis araçları	Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapılmak, Ofis araçlarının bakımını düzenli olarak yaptırmak, Ofis araçlarını direk güneşle temas eden noktalara koymamak, Ofis içinde ofis araçları için ayrı bir bölüm yapmak, Çalışanların çalışma saatlerini vardiyalı olarak düzenlemek,	
		Ozon		
		VOC		
	Mobilyalar	Yapay ahşap	Benzen	Bol doğal havalandırma yapılmak, TS standartlarında ürünler kullanmak, Formaldehit ve benzen içermeyen ürünler tercih etmek, Formaldehit ve benzen bağlayıcılar kullanarak, iç mekâna yayılması engellemek ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlamak, Formaldehit oranını 1.8’den 1.2’ye düşürmek, Amonyum karbonat ile gazlandırma yaparak formaldehiti bağlamak, Dış yüzeylere dekoratif vinil kaplama sürülerek formaldehitin ayrışmasını önlemek, Benzen yerine alifatik hidrokarbonlar kullanmak,
			Formaldehit	
			Karbon monoksit	Yanma sonucunda açığa çıkar, bu nedenle yanmasını engelleyen ürünler kullanılmalı, Bol doğal havalandırma yapılmalı,
			Organizmalar	Bol doğal havalandırma yapılmalı,
			VOC	Bol doğal havalandırma yapılmalı,

Çizelge 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler ve Çözüm Seçenekleri

YÖNETİLEBİLİR KİRLETİCİLER				ÇÖZÜM SEÇENEKLERİ
KAYNAKLAR			KİRLETİCİLER	
ÜRÜN KAYNAKLI KİRLETİCİLER	Mobilyalar	Plastik	Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapılmalı, TS standartlarında ürünler kullanılmalı, Formaldehit ve benzen içermeyen ürünler tercih edilmeli, Formaldehit ve benzen ayrıştırıcılar kullanılarak, iç mekâna yayılması engellenmeli, bu işlem belli aralıklarla tekrarlanmalı,
			Karbon monoksit	Yanma sonucunda açığa çıkar, bu nedenle yanmasını engelleyen ürünler kullanılmalı, Bol doğal havalandırma yapılmalı,
		Sentetik kumaş	Formaldehit	Bol doğal havalandırma yapılmalı, TS standartlarında ürünler kullanılmalı, Formaldehit ve benzen içermeyen ürünler tercih edilmeli, Formaldehit ve benzen ayrıştırıcılar kullanılarak, iç mekâna yayılması engellenmeli, bu işlem belli aralıklarla tekrarlanmalı,

4.3 Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Alınacak Kararlar

Yapı içi hava kirleticilerine karşı alınacak kararlar ve uygulamalarının, bürokratlar ve ilgili meslek yetkililerinin (mimarlar, mühendisler, doktorlar vb.) gerekli değerlendirmeleri yaparak belirlenmesi gerekir.

Yapı içi hava kirleticilerinden, yapılan araştırmalar neticesinde iyileştirilme yapılarak risk unsuru azaltılan ya da ortadan kaldırılan riskler ya da risk grupları için oluşturulmaktadır. Oluşturulan çözüm seçeneklerinden biri ya da bir kaçı aynı kirletici için karar alınabilir. Alınan kararlar uygulanabilirlik, maliyet, süreklilik vb. çalışmalar neticesinde oluşturulmaktadır. Alınan kararların ardından uygulama işlemie geçilir.

Risk yönetim kararı toplumun genelinin ekonomik, kültürel, politik, sosyal vb. yapısına uygun bilimsel, ekonomik, teknik, toplumsal bilgilere dayalı olarak alınan bir karar olmalıdır.

4.4 Yapı İçi Hava Kirleticilerine Karşı Alınan Kararların Uygulanması

Yapı içi hava niteliği risk yönetimi kararının son adını, alınan kararların uygulanmasıdır. Yapı içinde oluşan risk insanı etkilemiyorsa herhangi bir müdahaleye gerek duyulmamaktadır. Oluşan risk insan sağlığını olumsuz etkiliyor ve çalışmalarla, alınan önlemlerle ortadan kaldırılıyor ya da azaltılabiliyorsa yapı iyileştirilir. Yapı içi hava kirleticilerinden kabul edilemez risklere karşı alınan kararların uygulamaları; ya terk etmeye yönelik, ya da yapıyı yıkmaya yönelik olarak uygulanmaktadır. Şekil 4.3’de risk yönetimi karar uygulama adımları verilmiştir.

Yapı İçi Hava Niteliği			Yapı İçi Hava Niteliği		
Risk Yönetimi			Karar Uygulaması		
Kabul Edilebilir Riskler	►	Önemsiz Riskler	►	Yapıya Dokunmama	
	►	Yönetilebilir Riskler	►	Yapıyı İyileştirme	
		Kabul Edilemez Riskler	►	Yapıyı Yıkma veya Yapının Yok Edilmeden Terk Edilmesi	

Şekil 4.3 Yapı içi hava niteliği risk yönetim karar uygulaması

Kabul edilebilir değerlerdeki kirleticilerin yapı içinde bulunması durumunda, ilk olarak belirlenmesi gereken unsur, kirleticinin yapıya nereden girdiği ve ne kadar süre etkisini gösterdiğidir. Yapıya kullanıcı eylemlerinden, dış etmenlerden veya yapı içinde kullanılan ürünlerden giren kirleticinin insan sağlığı üzerindeki etkisi ve yapı içindeki değeri çok az ise kirletici için bir çözüm seçeneği oluşturulmaz ve herhangi bir uygulama yapılmaz. Eğer kirletici insan sağlığını olumsuz etkiliyorsa ve yapı içindeki değeri fark edilebilir bir değerde ise o zaman kirletici için çözüm seçenekleri oluşturulur ve bu durum uygulama gerektirir. Yapı içindeki kirleticinin değeri çok yüksek ise ve etkilenim sonucu insanın hayatı tehlikeye giriyorsa o zaman bu kirletici için ya yapının yıkılması ya da yapının terk edilmesi kararı verilerek insanlardan uzaklaştırılması sağlanmış olur.

Genel olarak alınan kararlar uygulanırken ilk aşamalarda zorluklar yaşanabilmektedir. Uygulama yapacak olan gruplar, vatandaşlar, şirketler, sendikalar, teknik uzmanlar vb. olabilmektedir. Risk yönetiminde alınan kararların uygulanması, bu kararların doğruluğunun,

geçerliliğinin ve yarar ve zararlarının belirlenebilmesi açısından önemlidir. Elde edilen bilgilerin sonucunda hatalı, eksik, olan noktalar yeniden değerlendirilmelidir.

4.5 Yapı İçi Hava Kirliliğinde Risk İletişimi

Risk iletişimi; risk sürecini içeren tüm adımların arasındaki bilgi akışının sağlanmasının yanı sıra, yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen bilgilerin, sonuçların ve verilerin geri dönüşlerinin izlendiği bir adımdır. Risk iletişimi yazılı ve görsel basın, kurum ve kuruluşlar yoluyla, kurumlar yoluyla topluma ulaştırılır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

İnsan hayatı için en önemli ve en değerli şey kuşkusuz sağlıklı bir yaşamdır. İnsanlar, yaşamının %80-90 gibi önemli bir bölümünü geçirdiği kapalı ortamların, sosyal, psikolojik ve fizyolojik gereksinimlerini karşılamasını ister. Yapı içi havasının niteliği, insanın bu gereksinimlerini karşılamada önemli bir paya sahiptir. Fakat yapı içi havası çeşitli kaynaklarla kirlenmektedir. Artan nüfus, plansız ve hızlı yapılaşma, kullanılan yakıtlar, trafik yoğunluğu, yapının yerleşim yerinin özellikleri, kullanıcının yapı içindeki eylemleri, yapıda ve yapı içinde kullanılan ürünlerin özellikleri, hepsi birer kirletici kaynağı olabilmektedir. Tüm insanların aynı oranda aynı kirleticilerden etkilenmesi beklenemez. Etkilenimler yaşa, cinsiyete, sağlık durumuna vb. özelliklere göre değişiklik gösterebilmektedir. Ancak etkilenimler o bölgede yaşayan, aynı yaş grubundaki ve benzer fizyolojik özelliklerdeki insanlarda benzerlik gösterebilmektedir.

Yapı içi havasını, dış ortamın kirleticileri (doğa olayları, trafik, endüstri yapılarının bacaları, yapının yerleşim yerinin özellikleri vb.), kullanıcıların yapı içindeki eylemleri (hobileri, sigara kullanımı, yemek pişirme, ısınma, fizyolojik ve biyolojik eylemler vb.), yapı içinde kullanılan ürünler ve içerikleri (formaldehit, benzen vb. VOC'lar) olumsuz yönde etkilemektedir. Bu da dolaylı olarak insan sağlığını olumsuz olarak etkilemektedir. Kirleticiler, alerjiden, solunum yolu rahatsızlıklarına, baş ağrısından kansere kadar çok çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bu çalışmada, yapı içi havasını kirleten kirleticilerin özelliklerinden ve insan üzerinde oluşturdıkları sağlık sorunlarından bahsedilmiş ve bu kirleticilere karşı alınacak önlemler belirtilmiştir.

Yapı içinde, ortam havasından kaynaklanan rahatsızlıkların azalması için, gerek kullanıcıların, gerek üreticilerin ve gerekse bürokratların bir takım önlemler alması gerekmektedir. Yapının risk değerlendirmesi kirleticilerle birlikte yapılmalı ve buna göre değerlendirilmelidir.

Yapılardaki kirleticiler kabul edilebilir değer sınırı içindeki önemsizlenecek değerlerde ise, yapıda hiçbir işlem yapılmadan, yapıya dokunmadan bol havalandırma yaparak kirleticinin ortamdaki uzaklaştırılması sağlanır. Kirletici geçici süreliğine, yapı içindeki yapılan eylemlerden, kullanılan mobilyalardan fabrika bacalarından, trafikten vb. kaynaklardan oluşuyorsa ve kabul edilebilir düzeydeki yönetilebilir değerlerde ise, yapıda iyileştirme işlemleri yapılır. İyileştirme işlemi, kirleticinin yoğunluğuna, sürekliliğine ve etkisine bakılarak; havalandırmadan, kirletici ürünü kaplamadan, alternatif ürünlerle değişiminden

kadar birçok seçenek sunmaktadır. Kirleticinin yapı içindeki değeri kabul edilemez değerde, uzun süreli ve sağlığı sürekli olarak etkileyen bir kirletici ise ve bu kirletici yapının yerinden kaynaklanıyorsa yapı terk edilmeli eğer yapıda kullanılan ürünlerden kaynaklanıyorsa yapı en son olarak yıkılmalıdır. Bu kararlar uygulanırken yapılacak yeni yapılar için Bölüm 4 'te bahsedilen önlemlerin alınması ve uygulanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Abbott, J.H., Drehmel, J.C., (1976), Control of Fine Particulate Emissions, Chemical Engineering progress, December.

Akman, A., (1999), Yapı Biyolojisi-Yapı Ekolojisi ve Yapıların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkilerini Ortaya Koyan Biyoklimatik-Diyagnostik Bir Araştırma, TERAMED Yapı Biyolojisi ve Ekolojisi Enstitüsü, İstanbul.

Aksakal, N., Vaizoğlu, A.S., Güler, Ç., (2005), “Mobilyalardaki Kimyasallar ve Sağlık Etkileri” , Sted, Cilt 14, Sayı, 12, ss 268-272.

Aldrich, T., Griffith, J., Gustafson, R. Ve Graber, D., (1993), Public Communication, Participation, Risk Management, 240-258, Environmental Epidemiology and Risk Assessment, Van Nostrand Reinhold, New York.

Amman, H.M., Berry, M.A., Childs, N.E., Mage, D.T.,(1987), “Health Effects Associated With Indoor Air Pollutants”, D.C. EPA/600/D-87/324, Washington.

Andaç, M., (2004), “Risk Analizi ve Yöntemi”, TUDEV.

Anderson, E.L. ve Albert, R.E., (1999), Risk Assessment and Indoor Air Quality, Lewis Publishers, New York.

Andrews, J.D. ve Moss, T.R., (2002), Reliability and Risk Assessment, Professional Engineering Publishing, Londra.

Anon, (1979), “Health Aspects Related to Indoor Air Quality” WHO, 3-6 April, Copenhagen.

Appleby, P.H., (1996), “Building Related Illness”, British Medical Journal, 313:674-677

Asenta-Duah, D.K., (1993), Hazardous Waste Risk Assessment, Lewis Publishers, Florida.

ASHRAE Standard, (1989), Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ANSI/ASHHRAE 62-1989, Atlanta.

ASHREA-Environmental Health Committee, (1998), ASHREA Temel El Kitabı, Çevre Sağlığı, Bölüm 3, Çevirenler: Nejat Demircioğlu ve Macit Toksoy, Türk Tesisat Mühendisleri derneği Teknik Yayınları 2, Ankara.

ASHREA Standart, (1999), Ventilation for Acceptable Indoor air Quality, ANSI-ASHREA 62-1999, Atlanta.

Balanlı, A. ve Öztürk, A., (1995), “Yapının İç ve Dış Çevresinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesinde düzenlenen Sağlıklı Kentler ve İnşaat Mühendisliği Sempozyumu, 20-21 Ekim 1995, İzmir.

Balanlı, A., (1997), “Yapıda Ürün Seçimi”, YÜMFED, Y.T.Ü Yayını, İstanbul.

Balanlı, A., ve Öztürk, A., (2006), Yapı Biyolojisi Yaklaşımlar, Y.T.Ü, İstanbul.

Balanlı, A., Vural, M., Taygun, G.T., (2004), “Yapı ürünlerindeki radonun Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesinde düzenlenen 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 6-8 Ekim, İstanbul.

Balanlı, A., Taygun, G.T., (2005), “Yapı Biyolojisi ve Asbest”, Mimar.ist Dergisi, Sayı:16, Sayfa:107-110, İstanbul.

Balanlı, A., Taygun, G.T., (2002), “Polivinil Klorürün Çevreye Etkilerinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesinde düzenlenen 1. Ulusal Yapı Malzemesi kongresi ve Sergisi, 9-13 Ekim, İstanbul.

.Balanlı, A., Taygun, G.T., (2007),”Çevre Sorunu Olarak Asbest ve Erionit”, YTÜ, Mimarlık Bölümü, İstanbul.

Bal, S., (2006), “Sürdürülebilir Tarım, Sürdürülebilir Yaşam”, (ASYAN)- Asya, Avrupa Araştırma ve Eğitim Kurumu Derneği,Ankara.

Başgöl, A., (2004), “Akut Karbonmonoksit Zehirlenmesi”, Toksikoloji Dergisi. Vol. No:2,(3), Temmuz-July 2004,

Baker-Laporte, P., Elliott, E. Ve Banta, J., (2001), Prescriptions for A Healthy House, 2nd edition, New Society Publishers, Kanada.

Berk, N., (1992), “Sigortacılıkta Risk Yönetimi”, Emek Sigorta, İstanbul.

Bower, J. (2000), Healthy House Building for new Millennium, A Design&Construction Guide, The Healthy House Institute, India.

Bower, J. (1997), The Healthy House: How to Buy One, How to Build One, How to Cure a Sick One, 3rd edition, The Healthy House Institute, India.

Bureau Veritas, (2001), Risk Değerlendirme Eğitim Notları, Ankara.

Burr, M.L., (2000), Combustion Products, 29,3-29.25, Indoor Air Quality Handbook, J.D. Spengler, J.M. Samet, ve J.F. McCarthy, (Ed.), McGraw-Hill, New York.

Brown, S.K., (2001), “Asbestos”, Indoor air Quality Handbook, Ed. J.D. Spengler, J.M. Samet, J.F. McCarthy, McGraw-Hill, USA.

Brookins. D.G., (1990), The Indoor Radon Problem, Columbia University Press, New York.

CHEEC (Center for Health Effects of Environmental Contamination), (2000), “Residential Radon and Lung Cancer Case-Control Study”, The University of Iowa.

Cooke, B., T.F., (1991), Indoor Air Pollutants, A. Literature Review, Reviews On Environmental Health,

Corn, M. (1993), Handbook of Hazardous Materials, Academic press, Inc., USA.

Cutter, S.L., (1994), Environmental Risks and Hazards, Prentice Hall, New Jersey.

Curwell, S.R. & C.G. March (1986) Hazardous Building Materials, E&F.N. Spon Ltd. London.

Çobanoğlu, N. ve Kiper, N., (2006), “Bina İçi Solunan Havada Tehlikeler”, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 49, Sayı 1.

Delaine, J. (1988), Asbestos Removal Management and Control, Gower Technical, England.

Dirigeme, E., N., (1998), “Yapı Üretiminde Risk Yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ FBE, İstanbul.

Dirican, R. ve Bilgel, N., (1993), Halk Sağlığı (Toplum Hekimliği), Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, II. Baskı, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 70, Bursa.

- Dizayn Konstrüksiyon, (2001), “Mekan İklimlendirme-Havanın Kalitesi-Huzur”, Dizayn Konstrüksiyon, Ağustos, Sayı:190, Sayfa:60-61-62, İstanbul.
- Duru, S. ve Besbelli, N., (1997), “Risk Değerlendirilmesi”, Uluslar Arası Katılımlı 1. Ulusal Çevre Hekimliği Kongresi, 8-12 Aralık 1997, Ankara.
- Ek, H., (1995), Yapı Ürünlerinin Seçim Yönteminde Ürün Bilgilerinin Yapı Biyolojisi Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü., İstanbul.
- Ellis, D., (1989), Environments at Risk; Case Histories of Impact Assessment, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), (1987), Indoor Air Quality Implementation Plan, D.C. EPA/600/8-87/014, Washington.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), (1987), Indoor Air Quality Implementation Plan, D.C. EPA/600/6-87/002A, Washington.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), (1988), Radon Reduction Techniques for Detached Houses, EPA/625/5-87/019, NorthCaroline.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), (1991), Radon-resistant Construction Techniques for New Residential Construction, EPA/625/2-91/032, Washington DC.
- Ergül, M., (1990), “Hava Kirliliği Tehlike Sinyali Veriyor”, PTT Dergisi, Ocak 1990, Sayı: 86, Sayfa:14-16,
- Eraslan, İ.H., Şelli, F.,(2006), “Organik tarım Sektörü”, (URAK)- Uluslar arası Rekabet Araştırmaları Kurumu Derneği Yayınları, İstanbul.
- Fink, J.N., (1998), “Fungal Allergy: from Asthma to Alveolitis”, Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 4:50-55
- Glikman, T. S., Gough, M., (1995), (Ed.), "Readings in Risk", Resources for the Future, Washington.
- Godish, T. ,(1997), Air Quality, 3rd edition, Lewis Publishers, USA.
- Governa, D.M. ve Kavanagh, E.P., (1999), “Beyond Sick Building Syndrome”, Risk&Insurance, 28.
- Graham, J.D., (1995), Historical Perspektive on Risk Assessment in the Federal Government Tuxicology, 102:29-52.
- Grifin, R.D., (1994), Principles of Air Quality Management, Lewis Publisers, Florida.
- Günay, E., (1994), Yapay Hava Düzenleme Sistemlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem, Y.T.Ü., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Harley, N.H., Harley, J.H., (1990), Potential Lung Cancer Risk From Indoor Radon Exporsure, Ca, A Cancer Wournal for Clinician, 40. 5, 265–275, sept/oct New York University Medical Center, New York.
- İncecik, S., (1994), Hava Kirliliği, İ.T.Ü., Sayı: 1539, sayfa: 92-94, İstanbul.
- İrkeç, T., (1990), Asbest, MTA Genel Müdürlüğü Yayını, No:31, Ankara.
- Karaca, S., (2004), Yapı İşlerinde İş Güvenliği Açısından Risk Değerlendirmesi ve Alınacak

Önlemler, İ.T.Ü., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Kaya, M., (2003), “Sağlıklı ve Verimi Çalışma Ortamı İçin İç Hava Kalitesi”, (...)

Kerrigan, R.L., (1996), “Indoor air quality examined”, South Florida Business Journal, 17(13):46.

Kılıç, N., (1997), “ Atmosferde Kanserojen Yapıcı Uçucu Bileşiklerin Kontrolü”, Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu II. Gebze, Mayıs:433, İstanbul.

Kolluru, R.V., vd. (1996), Risk Assessment: A Unified Approach., Risk assessment and Management Handbook, Chap. 1. McGraw-Hill, New York.

Kurtoğlu, A., (1985), “Orman Ürünleri Sanayinde formaldehit Ayrışması ve Çevre Sağlığına Etkileri”, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt: 35, Sayı: 3, İstanbul.

Logoy, P.K., (1994), Risk Assessment; Principles and Applications for Hazardous Waste and Related Sites, Noyes Publications, New York.

Molhave, L., (1998), “Principles for Evaluation of Health and Comfort Hazards Caused by Indoor Air Pollution”, Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 4:17-25.

Molhave, L., (1998), “The Ethics of Using Human Panels in the Indoor Air”, Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 4:87-94.

Masters, G. M., (1998), Risk Assessment, Introduction to Environment Engineering and Science, Chap. 4, Prentice- Hall, New Jersey.

Millette, J.R. ve Hays, S.M., (1994), Settled Asbestos Dust Sampling and Analysis, Lewis Publishers, Florida.

Maroni, M. ve Lundgren, B., (1998), “Assessment of the Health and Comfort Effects of Chemical Emissions from Building Materials: the State of the Art in the European Union”, Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 4:26-31.

NCRP, (1984), Evaluation of Occupational and Exposures To Radon and Radon Daughters in United States, National Council on Radiation Protection Report, No. 78, Bethesda, Md, National Council on Radiation Protection,

Neely, W. B., (1994), “Introduction to Chemical Exposure and Risk Assessment”, Lewis Publishers, Boca Raton.

NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences), (2001), “Radon”, Ninth Report on Carcinogens, CAS No: 10043-92-2, USA.

NRC (National Research Council), (1983), Risk Assessment in the federal Government: managing the Process, National Academy Press, Washington, D.C..

NSCA, (1986), “Of Chemical in the Home A.Z. published by Cou Toxic and Hazardous Chemicals Committee of the Total Environment Centre”, Sydney.

Önel, H., (1978), Yapılarda Hava Kirliliğinin Azaltılması Üzerine Bir İnceleme, Doktora Tezi, İTMMMO, İstanbul.

Öztürk, A., (1995), The Architectural Design Process and Indoor Air Quality, Doktora Tezi, University of Strathclyde, Glasgow.

Öztürk, M., (2005), “Şehir İçi Bölgelerde Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri”, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Patrick, D.R., (1994), Toxic Air Pollution Handbook, Van Nostrand Reinhold, New York.

Patrick, D.R. ve Anderson, E.L., (1999), The Elements of Human Health Risk Assessment, 35-51, Risk Assessment and Indoor Air Quality, E.L. Anderson ve E.A. Roy, (Derl.), Lewis Publishers, New York.

Provey, J., (2001), “Fresh Air”, Popular Mechanics, 178 i9:84.

Schoenberg, J., Klotz, J. A., (...), Case Control Study of Radon and Lung Cancer Among New Jersey Women, New Jersey State Department of Health Technical Report, Plase

Spengler, J.D., Samet, J.M. ve McCarthy, J.F., (2000), Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York.

Şahin, Ü., (2000), İstanbul’da 1994-1998 Hava Kirliliği Düzeyleri ile Mortalite Arasındaki ilişki, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu), (2000), Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, Sayı: 23999, Madde 37, 24.03.2000, Ankara.

Talanlı, İ., Sunar, T. ve Platin, K.M., (1998), Tehlikeli Maddelerin Çevresel Risk Değerlendirmesi DPT Projesi Gelişme Raporu, İ.T.Ü Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

TTB (Türk Tabipleri Birliği), (1994), İş Hekimliği Kılavuzu, Ankara.

TSE (Türk Standartları Enstitüsü), (1997), Çevre Sağlığı- Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler, TS 12281, Ankara.

TSE (Türk Standartları Enstitüsü), (1996), Çevre Sağlığı- Lejyoner Hastalığı’nın (Lejyonellozis) Önlenmesi İçin Alınması Gereken Tedbirler, TS 12093, Ankara.

TSE (Türk Standartları Enstitüsü), Çevre Sağlığı- TS 18001, Ankara.

TSE (Türk Standartları Enstitüsü), (1995), Hava Kalitesi- Asbeste Maruz Kalınan İş Yerlerinde Alınacak Güvenlik ve Sağlık Tedbirleri (TS 11597), Ankara.

Tuckler, W.G., (2000), Volatile Organic Compounds, 31.1-31.20, Indoor Air Quality Handbook, J.D. Spengler, J.M. Samet, ve J.F. McCarthy, (Derl.), McGraw-Hill, New York.

Turan, A., (2004), “İş Yerinde ve İş Ekipmanlarında Risk Değerlendirmesi”, Mühendis ve Makine Dergisi, 532, Mayıs, 2004.

Tünay, O. ve Alp, K., (1996), Hava Kirlenmesi Kontrolü, Mega Ajans, İstanbul.

Viscusi, W.K., (1992), Fatal Tradeoffs: Public and Private Responsibilities for Risk, Oxford Univ. Pres, New York.

Vural, M.S., (2004), Yapı İçi Hava Niteliği Risk Süreci Modeli Belirlenmesi, Doktora Tezi, Y.T.Ü Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Wadden, R.A. ve Scheff,, P.A., (1983), Indoor Air Pollution: Characterization, Prediction, and Control John Wiley and Sons, New York.

Wagner, A., (1991), Floor Covering & IAQ: Health Impacts, Prevention, Mitigation & Litigation, Cutter Information Corp., Arlington.

WHO (World Health Organization), (1987b), "Nitrogen Dioxide", Air Quality Guidelines for Europe, European Series 23, WHO Regional Publications, Copenhagen.

WHO (World Health Organization), (1987), Air Quality Guidelines for Europe, Copenhagen.

Williams, P.R.D., (2000), The Risk Analysis Framework: Risk Assessment, Risk Management, and Risk Communication, 70.3-70.38, Indoor Air Quality Handbook, J.D. Spengler, J.M. Samet, ve J.F. McCarty, (Derl.), McGraw-Hill, New York.

Yalçınkaya, A., (1995), Yapı Malzemesi ve Çevre Etkileşimi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ FBE, İstanbul.

Yedekçi, G., (2000), İç Mekan Boyalarının İnsan Sağlığına Etkisi, Y.T.Ü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Yocom, J.E. ve McCarty, S.M., (1991), Measuring Indoor Air Quality; A Practical Guide, John Wiley and Sons, England.

Yu, M., (2001), Environmental Toxicology Impacts of Environmental Toxicants on Living Systems, Lewis Publishers, USA.

INTERNET KAYNAKLARI

[1]-“Asbest Nedir?”, <http://www.kentli.org/sss/asbest.htm>

[2]-“Asılı Parçacıklar”, <http://www3.itu.edu.tr/~toros/hava/asiliparcaciklar.htm>

[3]-Aslan, E.D., “İç Hava Kalitesi ve Kontrolü”, www.kongre.org/makina/teskan97/005/index.html

[4]-AG 473-http://www.bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/wqwm/ag473_5.html

[5]-Cantürk, C., (.), "KÜRESEL RİSK TOPLUMU SÜRECİNDE TÜRKİYE: NEREDEYİZ? NEREYE GİDİYORUZ ?", www.paradoks.org.htm

[6]-C & A Security Risk Analysis Group, <http://www.security-risk-analysis.com/>

[7]-Dış Ticaret A.Ş., (1991), “Eğitimde ve Kapalı Mekanlarda İşgücü Verimliliği”, <http://dmsdogalgaz.com/verim.htm>

[8]-EBN, (1995), “Establishing Priorities With Green Building”, <http://www.buildinggreen.com/features/4-5/priorities.html> , September/October

[9]-“Eğitimde ve Kapalı Mekanlarda İşgücü Verimliliği” <http://dmsdogalgaz.com/verim.htm>

[10]-EHC (Environmental Health Center), (1998), “Combustion Appliances”, http://www.nsc.org/EHC/indoor/comb_app.htm

[11]-EPA, “Natural Radiation”, <http://www.epa.gov/radiation/rrpage/rrpage3.html>

[12]-EPA, “Building a New Home Have You Considered Radon?”, <http://www.epa.gov/iaq/pubs/builder.html>

[13]-EPA, (1994), “Model standards and Techniques For Control of Radon in New residential Buildings”, www.epa.gov/iaq/radon/pubs/newconst.html

- [14]-EPA (United States Environmental Protection Agency), (2001), “Asbestos”, <http://www.epa.gov/iaq/asbestos.html>
- [15]-<http://www.dogalaritma.com>
- [16]-EPA, <http://www.epa.gov/iaq/pubs/coftsht.html>
- [17]-EPA, <http://www.epa.gov/radon/radontest.html>
- [18]-EPA, <http://www.epa.gov/iaq/voc.htm.l>
- [19]-EPA (United States Environmental Protection Agency), (2000), Radisation: Risk and Realities- Natural Radion, <http://www.epa.gov/radiation/rrpage/rrpage3.html>
- [20]-EPA(United States Environmental Protection Agency), (2003), “Radon Risk Comparison Charts”, <http://www.epa.gov./radon/riskcht.html>
- [21]-Field, R.W., (1999), “Radon Occurence and Health Risk”, http://radon.com/radon/radon_links.html
- [22]-www.forumex.net.archive/index.php/t-9151.html
- [23]-<http://www.genbilim.com/odev>
- [24]-<http://www.genbilim.com/contentview172652>
- [25]-Grey Hat Risk Assessment, <http://www.greyhat.com/risk/>
- [26]-Hancı, H., (1999), “Tıp ve Sağlık Hukuku”, www.med.ege.edu.tr/~hanci
- [27]-“Hasta Bina Sendromu”, <http://www.aileegitim.org/>
- [28]-“Hasta Bina Sendromu”, www.anneyiz.biz.htm
- [29]-“Hava Kirliliği”, www.meteor.gov.tr/2005/arastirma/havakirliligi/webhagir.pdf
- [30]-“Hava Kalitesi İndeksi”, <http://www.hepa-systems.com/yapi/havakalitesiindeksi.htm>
- [31]-(...), “Evlerimizde İstenmeyen Bir Konuk: Radon Gazı” <http://www.popularmedikal.com/radon.asp>
- [32]-İlhan, A. İ., Dündar, C., Öz, N., Kiliç, H., “Hava Kirliliği ve Asit Yağmurlarının Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri”, www.meteor.gov.tr/2006/arastirma/files/webhagir.pdf
- [33]-Karbondiyoksit, <http://tr.Wikipedia.org/wiki/Karbondiyoksit>
- [34]-Kerr, R.A., (1988), “The Deadliest Pollutant”, 240, 606-608, <http://book.nap.edu/book/0309051401/html/674.html>
- [35]-A. Balanlı, S.M. Vural, (2005), “Yapı Ürünü Kaynaklı İç Hava Kirliliği ve Risk Değerlendirmede Ön Araştırma”, İstanbul. www.megaron.yildiz.edu.tr
- [36]-www.meteor.gov.tr/2005/arastirma/havakirliligi/webhagir.pdf -
- [37]-<http://www.ntvmsnbc.com/news/344365.aspcp1=1>
- [38]-www.kimyaokulu.com

- [39]-http://www.kimyaokulu.com/odev/havakirliligi/hava_kirliligi.htm
- [40]-“Kirletici Maddeler”, <http://www.espring.com/TR-TR/ResearchCenter/doc8069.aspx?pgid=152>
- [41]-Levin, H., (1997), “Best Sustainable Indoor Air Quality Practices in Commercial Buildings”, EBN, <http://www.ebuild.com/Greenbuilding/Halpaper.html>
- [42]-“Radon”, <http://www.kimyaevi.org/elementler/radon/radon.asp>
- [43]-http://saglik.tr.net/cevre_sagligi_kapali_ortam.shtml
- [44]-<http://www.sskizmirmerkezdispanseri.gov.tr>
- [45]- http://www.taek.gov.tr/bilgibilgi_maddelerdogalrad.html
- [46]- “Ozon”, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Ozon>
- [47]-Öğütveren, N., (1999), ”Hasta Eden Akıllı Binalar”, <http://arsiv.hurriyetim.com.tr/ozel/turk/99/05/28/ozehab/34oze.htm>
- [48]-Vaizoğlu, S., Tekbaş, F., Evcı, D., “Kapalı Ortam Hava Kalitesi ve Sağlığa Etkisi”, http://www.tr.net/saglik/cevre_sagligi_kapali_ortam.shtml
- [49]-Yaşar, H., Renklidağ, T., Bilge, Y., (2004), “Asbest Maruziyetine Bağlı Hastalıklar Ve Adli Tıp Yönü”, http://www.medicine.ankara.edu.tr/internal_medical/forensic_medicine/tok2.html
- [50]-Eco Tech, “Known Sources of Indoor Air Polluters”, <http://www.csn.net./ecotech/08.html>.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 23.05.1979

Doğum yeri Oltu (Erzurum)

Lise 1993-1997 Pertevniyal Lisesi

Lisans 1998-2002 Trakya Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak.
Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans 2003-2007 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bölümü

Çalıştığı kurum(lar)

2002-2006 Marmaracık Belediye Başkanlığı - Fen İşleri Müd.